This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

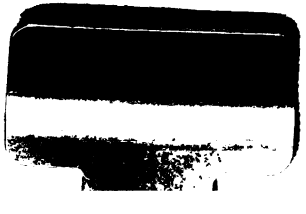
$B 32 387

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class No.



REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY

Landesausstellungs-Ausgabe 1896.

Mitteilungen

der Materialprüfungs-Anstalt

am schweiz. Polytechnikum in Zürich.

IX. Heft.

Methoden und Resultate

der Untersuchung

des Aluminiums und seiner Abkömmlinge.

Zusammengestellt von

Prof. **L. Tetmajer**

Direktor der Materialprüfungs-Anstalt am schweiz. Polytechnikum, etc.

Selbst-Verlag der Anstalt.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ZÜRICH

Druck von F. Lohbauer, Rämistrasse 12

1900.

IN775
13

I. Geschichtliches.

Schon zu Anfang des verflossenen Jahrhunderts (1807 bis 1808) hatte *Davy,* der Erfinder feurigflüssiger Elektrolyse, der Überzeugung Ausdruck gegeben, dass es unter Anwendung der elektrischen Ströme gelingen müsse, das Metall der Thonerde in ähnlicher Weise darzustellen, wie diejenigen der Alkalien und alkalinischen Erden. Seine eigenen Bemühungen das Aluminium auf elektrolytischem Wege darzustellen, scheiterten an der Unzulässigkeit der Hülfsmittel, die ihm Technik und Wissenschaft zu bieten im Stande waren.

1824 erhielt der Däne *Oerstedt* bei einem Versuch das Chloraluminium durch Kaliamalgam zu zersetzen im Rückstande des Destillationsprozesses *»ein weisses glänzendes, dem Zinn ähnliches Metall«,* welches offenbar nur metallisches Aluminium gewesen sein konnte. Es ist bemerkenswert, dass es später weder *Oerstedt,* noch dem göttinger Chemieprofessor *Wöhler* gelang, auf dem von Oerstedt betretenen Wege jenes zinnähnliche Metall wieder darzustellen.

1827 fasste *Wöhler* den Entschluss in einem Porzellantiegel Kalium bei höherer Temperatur auf Chloraluminium einwirken zu lassen. Das Ergebnis seiner Versuche war ein graues Pulver, welches *Wöhler* auf Grund durchgeführter Reaktionen mit Bestimmtheit als metallisches Aluminium erklärte, und bleibt es *Wöhler's* unbestrittenes Verdienst zielbewusst das Metall der Thonerde zuerst dargestellt zu haben.

Die Darstellung des Aluminiums in Pulverform nach *Wöhler's* Verfahren hatte sich ziemlich lange erhalten. *Wöhler* selbst ist erst 1845 gelungen das Metall in Form kleiner Kügelchen dadurch zu gewinnen, dass er das Chloraluminium in Dampfform über metallisches Kalium streichen liess.

96878

Das nach *Wöhler's* Verfahren erzeugte Aluminium hatte zunächst bloss akademischen Wert; es kam aus Sammlung und Laboratorium nicht hinaus. Zweifellos wäre dasselbe noch manches Jahrzent ein Demonstrationsobjekt bei chemisch-metallurgischen Vorlesungen geblieben, wenn nicht der französische Akademiker *St. Claire-Deville* die Wichtigkeit der Wöhler'schen Entdeckung erfasst und sich zur Lebensaufgabe gestellt hätte, das »*Silber aus Lehm*« im Grossen darzustellen und in den Dienst der Menschheit zu stellen (1854). In seinen Bestrebungen durch *Napoleon III.* aufgemuntert und mit reichlichen Geldmitteln unterstützt, konnte *St. Claire-Deville* zuerst in *Javelle* später auf den Werken der Gebr. *Rousseau* in *la Glacière* bei Paris im Vereine mit *P. Morin* und *Debray* an die fabriksmässige Darstellung des Aluminiums schreiten und nachdem er das Kalium durch das verwandte Natrium ersetzte, und es ihm gelang die Erzeugungskosten des letztern herabzusetzen, trat *St. Claire-Deville* 1857 zum ersten mal auf der Pariser Ausstellung mit grösseren Aluminium-Blöcken vor die Öffentlichkeit. Der Preis des Metalles betrug zu dieser Zeit noch 300 Fr. pro kg.

Die Fabrik in *la Glacière* konnte sich für die Dauer auch nicht halten; sie beschränkte sich schliesslich auf die Weiterverarbeitung des Aluminiums, welches nun mehr und eine zeitlang ausschliesslich in der von *Merle* und *Usiglio* verwalteten Fabrik zu *Salindres* erzeugt wurde. Hier wurde das Aluminium aus Chloraluminium-Natrium vermittelst Natrium unter Zusatz von *Kryolith* als Flussmittel reduziert. Die Jahresproduktion erreichte 2—3 t, also ungefähr die Hälfte der Tagesproduktion der *Neuhauser-Industrie-Gesellschaft* am Schlusse des verflossenen Jahrhunderts. *Salindres* versorgte Jahrzehnte über die Welt mit Aluminium; die in England durch *Lowthian Bell* bei *Newcastle* on Tyne, in Frankreich durch die Gebr. *Tissier* in *Amfreville-lami-Voie* bei *Rouen* errichteten Konkurrenzwerke haben nur kurze Lebensdauer gehabt. In den 80-er Jahren übernahm England die Führerschaft auf dem Gebiete der chemisch-metallurgischen Gewinnungsart des Aluminiums als unter *Roscoe's* Aegide *Castner* zu *Oldbury* bei Birmingham, eine grössere, auf der Reduktion von Aluminium-Natriumchlorid ($Al Cl_3$, Na Cl) durch Natrium basierende Fabrik mit 1,5 t Wochenproduktion in Betrieb gesetzt und die *Alliance Aluminium Comp.* in *Wallsend*

bei *Newcastle* on Tyne das *C. Netto'*sche Verfahren, also die Zersetzung des Kryoliths (Al_2Fl_6, 6 Na Fl) durch Natrium, eingeführt und entwickelt hatte, wodurch es gelang den Aluminiumpreis auf 20 Fr. pro kg herabzusetzen.

Der weiteren Entwicklung der chemisch-metallurgischen Gewinnungsart des Aluminiums bereitete die inzwischen erfolgte Einführung und Durchbildung der Elektrolyse ein vorzeitiges Ende. Es gebührt dem grossen Heidelberger Chemieprofessor *Bunsen* das Verdienst, mit Hülfe des galvanischen Stromes das Aluminium-Natriumchlorid zu spalten und Reinaluminium in Pulverform darzustellen (1854). Was *Davy* fast ein Jahrhundert früher angestrebt, *Bunsen* im Kleinen durchgeführt, ist durch die Wirkung des elektrischen Lichtbogens erreicht worden, nachdem *Werner-Siemens* durch Erfindung der Dynamo-Maschine hiezu die nötigen Hülfsmittel schuf. Nun wirkte die Elektrolyse umgestaltend auf die Fabrikations-Verhältnisse des Aluminiums und erklärt, weshalb schon anlässlich der 3. Generalversammlung der englischen Aluminium Comp. der Vorsitzende sich zur Erklärung genötigt sah, dass die chemisch-metallurgische Bereitungsart des Aluminiums die Konkurrenz mit der elektrolitischen zu bestehen ausser Stande sei.

Unter den mannigfachen Vorschlägen zur elektrischen Aluminiumbereitung verdient derjenige des Amerikaners *Cowles* in erster Linie genannt zu werden (Patent vom Jahre 1885), welcher das Aluminium aus einem Gemenge von Thonerde und Kohle reduziert und mit Kupfer zu Bronze legiert. Die hiezu erforderliche Temperatur lieferte der elektrische Lichtbogen, welcher den Einsatz des Ofens durchzieht. Der ursprüngliche Ofen *Cowles* besass eine länglich gestreckte, kistenartige Form. Durch Durchbrechungen der gegenüberliegenden Schmalseiten des Ofens tauchten in horizontater Richtung 2 starke Kohlenklötze (die Elektroden) in den Ofenherd, welcher mit dem aus Holz- oder Lichtkohlenbrocken und Thonerde (gepulverter Korund) gebildeten Gemenge, dem zur Bronzebereitung das erforderliche Kupfer in kleinen Stücken beigegeben wurde, gefüllt war. Offenbar schmolz zunächst das Kupfer und sank auf die Herdsohle darüber lag nun ein Gemenge von Thonerde und Kohle, welch letztere bei der herrschenden Temperatur reduzierend auf die Thonerde einwirken musste (Benzon-Prozess [1859] mit elek-

trischer Wärmequelle). Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass neben dem rein chemischen Prozess ein elektrolytischer einherlief; in welchem Umfange dies geschah blieb unermittelt. Das gewonnene Metall wurde abgestochen, analysiert, umgeschmolzen und hiebei mit Kupfer auf das gewünschte oder verlangte Mass gesättigt.

Dieses Verfahren hat die *Cowles Syndicat Comp.* zu Stocke on Trent verwertet. Ein ähnliches Verfahren scheint auch die bekannte *Pittsburg Reduction Comp.* zu besitzen und auch gegenwärtig noch zu betreiben.

Völlig unabhängig von *Cowles* entwickelte sich die Gewinnung des Reinaluminiums und seiner Legierungen in der Schweiz. Die Herren *G. Naville,* Chef der Maschinenfabrik Escher Wyss & Comp. in Zürich und *G. Neher,* jun., Mitbesitzer des ehemaligen Eisenwerkes am Rheinfall bei Neuhausen, regten den Gedanken an, die Herrn Neher konzessionierten, inzwischen unbenützt gebliebenen Wasserkräfte (4 - 5000 HP) des Rheins bei Neuhausen zur elektrolytischen Gewinnung des Aluminiums nach einem von *Kleiner & Fierz* patentierten Verfahren auszubeuten. Nach diesem Verfahren sollte *Kryolith* (Al_2Fl_6, 6 Na Fl) auf elektrolytischem Wege zerlegt, das flüssige Aluminium gesammelt, abgestochen und weiter verwertet werden. Die anfänglich verfügbaren 300 HP genügten indessen zur Durchführung des in Aussicht genommenen Verfahrens nicht und man beschloss mit dem inzwischen bekannt gewordenen Verfahren des französischen Metallurgen *Heroult* Versuche in grösserem Massstabe anzustellen. Der günstige Ausfall dieser Versuche führte zur Bildung der »*schweiz. metallurgischen Gesellschaft*«, welche auf dem ehemaligen Areale des Neher'schen Eisenwerkes eine elektrolytische Hütte mit einem *Heroult'*schen Ofen in der Absicht erstellt hatte, die Massenfabrikation der vielversprechenden *Aluminium-Bronzen* einzuleiten. Der anfängliche Endzweck der konkurrierenden Prozesse, Cowles-Heroult, war also identisch, nämlich die Erzeugung von *Aluminium-Bronze. Heroult's* Verfahren wich indessen von *Cowles* wesentlich ab; Heroult schmolz im elektrischen Lichtbogen zunächst das Kupfer, welches auf der Herdsohle gesammelt die Rolle der Kathode (negat. Pol) spielte; sodann folgte die reine, unvermischte Thonerde. Der elektrische Strom durchsetzte und zersetzte hiebei die geschmolzene

Thonerde, wobei der O der Thonerde, die aus Kohle bestehende Anode verbrannte, während das frei werdende Aluminium von der Kathode, vom Kupferbade aufgenommen wurde.

Über den Bau und Betrieb des ehemaligen *Heroult'*schen Ofen zu Neuhausen giebt die schweiz. Bauzeitung, Bd. XII, No. 5 vom August 1888 nähere Aufschlüsse. Dieser Quelle sind folgende Mitteilungen entnommen:

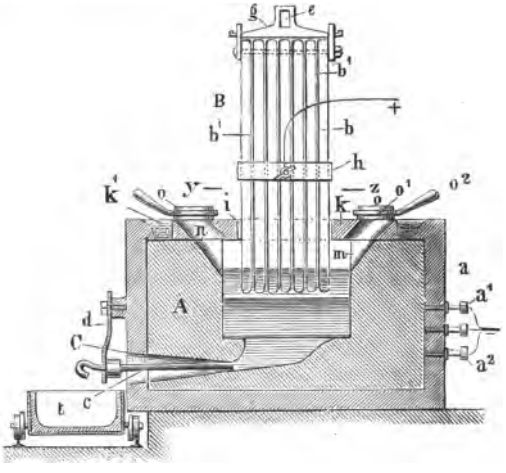


Fig. 1.

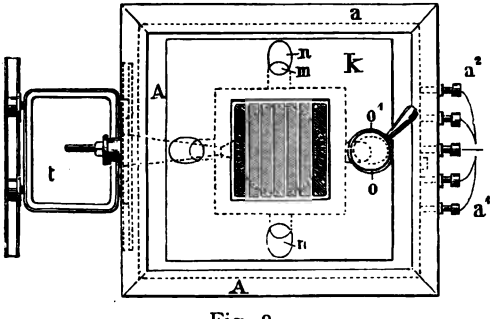


Fig. 2.

»Die Operation der Schmelzung und Ausscheidung geschieht in einem Tiegel aus Kohle (Fig. 1 und 2). Derselbe ist von einer Metallhülle umgeben, in welche der elektrische Strom (negativer Pol) geleitet wird und dient nicht nur dazu, die geschmolzenen Oxyde und Metalle aufzunehmen, sondern auch als Leiter, indem er einen Teil des Kreislaufes selbst bildet.

Der Apparat hat als positiven Pol ein Bündel *B* aus Kohlenplatten *b*, während flüssiges Metall am Boden oder Grund eines Kohlentiegels *A* den negativen Pol bildet; der Grund des Tiegels *A* hat einen den kontinuierlichen Betrieb ermöglichenden Auslauf *C*.

Vorstehende Zeichnung giebt den Apparat in seiner ungefähren Anordnung und zwar Fig. 1 den Längsschnitt, wobei aber das Kohlenbündel *B* nicht im Schnitt gezeichnet ist; Fig. 2 den Grundriss mit Horizontalschnitt des Kohlenbündels nach *YZ*.

Ein auf dem Boden isoliert aufliegender, oben offener Kasten *a* aus Eisen oder anderm Metall wird mit einer starken Ausfütterung *A* von Kohlenplatten versehen, welche unter sich durch einen Kohlenkitt verbunden werden; dieser Verbindungskitt kann beispielsweise Theer, Zuckersyrup oder Fruchtzucker sein. Der das Bassin *A* umschlossen haltende Kasten *a* soll auch gut leitend sein; will man eine sehr günstige Leistungsfähigkeit erzielen durch innigste Berührung der äusseren Bassin-Kohlenwände mit der Innenwand des Kastens *a*, so wird der Kasten *a* um den Kohlentiegel *A* herumgegossen, um durch das Erkalten die innigste Berührung mit der Kohle zu erzielen.

Im Kasten *a* sind dem negativen Leitungskabel zugewandt eine Anzahl Stiften a^1 aus Kupfer, welche den elektrischen Strom mit geringsten Widerständen nach Innen zum Bassin *A* führen. Der Boden des Bassins *A* hat an seiner tiefsten Stelle einen seitlichen Kanal *C*, welcher mit einem Kohlenstab *c* geschlossen werden kann.

In das Bassin *A* hinein taucht die positive Electrode *B*, deren einzelne Kohlenplatten *b* aufeinander gelegt sind; es ist nicht ausgeschlossen, die Anordnung so zu treffen, dass die Kohlenplatten *b* mit Zwischenräumen versehen sind, die mit einem leitenden Metall, wie z. B. Kupfer oder mit weicher Kohle ausgefüllt sein können. Am oberen Ende sind die Kohlenplatten *b* zusammengefasst durch das Rahmenstück *g*, dessen Öse *e* zum Einhängen in eine Kette dient, mittelst welcher das Kohlenbündel *B* eingestellt (d. h. in seine Position gebracht) und höher oder tiefer gestellt werden kann. Das die Peripherie des Kohlenbündels umschliessende Rahmenstück *b* ist mit den nötigen Klemmvorrichtungen wie Schrauben und dergleichen zur Fixierung des + Kabels versehen.

Mit Ausnahme eines für die vertikale Bewegung des Kohlenbündels nötigen Spielraumes *i* wird die Öffnung des Bassins *B* durch Graphitplatten *k* überdeckt, worin einige Öffnungen *n* zur Material-Einführung sind. Entsprechend diesen Öffnungen *n* sind an den Seitenwänden des Bassins nötigenfalls auch die Aussparungen *m*. Diese Kanäle *mm* dienen auch für die Ableitung der sich im Bassin entwickelnden Gase. Die mit einer Einfassung o^1 samt Griff o^2 versehenen beweglichen Platten *o* dienen zum Zudecken der Löcher *n* während der verschiedenen Phasen des Schmelzprozesses. Zwischen der Graphitplatte *k* und dem Rande des Kastens *a* ist eine Ausfüllung k^1 von Holzkohlenpulver.

Zum Beginn der Operation bringt man zuerst Kupfer, und zwar vorteilhafter Weise in zerkleinertem Zustande in das Bassin *A*; das Kohlenbündel *B* wird hierauf dem Kupfer entgegengebracht, der Strom geht durch das Kupfer und bringt dasselbe zum Schmelzen. So bald das als negativer Pol dienende Bad aus flüssigem Kupfer vorhanden ist, bringt man auch Thonerde $Al_2 O_3$ in das Bassin. Dieselbe schmilzt durch die von der überhitzten Masse abgegebene Wärme und wird dadurch leitend. Man hebt das Bündel *B* noch etwas höher und nun geht der Strom durch die Thonerde, dieselbe in ihre Bestandteile zerlegend. Der Sauerstoff geht an die Kohle *bbb*, verbrennt dieselbe, so dass Kohlenoxydgas aus dem Bassin entweicht; das Aluminium scheidet sich aus seiner Sauerstoffverbindung und geht ans Kupfer, so dass direkt Aluminiumbronze erzeugt wird. Man speist nun das Bassin ganz nach dem Fortschreiten der elektrolytischen Metallgewinnung weiter, und zwar kontinuierlich oder in Intervallen sowohl mit Kupfer als mit Thonerde.

Das Kohlenbündel muss, wie bereits erwähnt, entsprechend dem Widerstand höher oder tiefer gestellt werden. Diese Höhenregulierung kann übrigens auch automatisch stattfinden, indem man die das Kohlenbündel *B* tragende Kette z. B. mit einem reversiblen-dynamoelektrischen Motor (der vom Ampèremeter aus reguliert wird) in Verbindung setzt, welcher als elektrischer Regulator wirkt.

Zum Ablassen der angesammelten flüssigen Aluminiumbronze wird die Ingotform *t* unter das Stichloch *C* gebracht, der Verschluss des Kohlenstabes *c* aufgehoben durch des letzteren Zurückziehen. Wenn die Ingotform gefüllt ist, wird der Kohlen-

stab *c* wieder in seine Verschlussposition zurückgelassen. Der elektrolytische Scheidungsprozess nimmt seinen Fortgang, indem das Kohlenbündel wieder tiefer gestellt wird und das Einfüllen von Kupfer und Thonerde ins Bassin *A* weiter fortgeht.

Das dem beschriebenen Apparat zu Grunde liegende eben beschriebene Verfahren erlaubt die verschiedensten Aluminiumlegierungen herzustellen, ausgenommen diejenigen, deren Komponenten bei dem Thonerde-Schmelzpunkt sich verflüchtigen; man braucht hiefür nur Kupfer durch das für die bezügliche Aluminium-Legierung nötige Metall zu ersetzen. Auch lassen sich direkt gemischte Verbindungen erstellen, z. B. eine Verbindung von Kupfer mit Silicium und Aluminium durch Verwendung von beliebiger kieselsaurer Thonerde statt bloss Thonerde.«

Während die schweiz. metallurgische Gesellschaft ihre Versuche machte und Anstalten zur Verwertung der gewonnenen Resultate traf, beschäftigte sich der münchner Chemiker Dr. *M. Kiliani* im Auftrage der *allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin* mit der Frage der elektrolytischen Gewinnung des Reinaluminiums und förderte seinerseits derartige Resultate an das Licht, dass nun auch die *allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin* beschloss der Frage näherzutreten. Eine Verständigung beider Gesellschaften führte zur Gründung der *Aluminium-Industrie-Gesellschaft,* welche gegenwärtig neben der *Neuhauser Stammfabrik am Rheinfall* eine Reihe weiterer, grosser Anlagen, wie jene im bad. *Rheinfelden,* zu *Lend* in Salzburg betreibt und neben Reinaluminium und dessen Legierungen auch andere, elektrolytisch darstellbare Produkte, namentlich das *Calciumcarbid,* das *chlorsaure Kalium,* das *Kalium, Natrium* u. d. m. in in ihren Produktionskreis einbezogen hat.

Als technischer Leiter der neugegründeten *Aluminium-Industrie-Gesellschaft* wurde der leider so vorzeitig verstorbene Chemiker Dr. *M. Kiliani* berufen, dessen Eifer, Hingebung und fachmännische Tüchtigkeit das Unternehmen in jene Bahnen lenkte, die es heute wandelt.

Dr. *Kiliani* errichtete in Abänderung des *Heroult'*schen Reduktionsofens eine, in mehrfacher Hinsicht eigenartige Schmelzerei für die Massengewinnung des *Reinaluminiums**); er

*) Die gegenwärtig benützten elektrischen Öfen rühren von Herrn Direktor *Schindler* her.

erbaute eine Giesserei mit ausgedehnter Tiegelschmelzerei für die sichere Herstellung von bestimmten Legierungen des Aluminiums, erstellte Schmieden, Werkstätten, Walzwerke für die Weiterbearbeitung der gewonnenen Produkte und suchte durch systematische Erforschung der Technik des *Guss-, Walz-* und *Zieh*-Verfahrens des Aluminiums und seiner Abkömmlinge sichere Grundlagen für deren spätere Verwendung zu schaffen. Während *Heroult* direkt auf die Gewinnung der Aluminiumbronzen arbeitete, steuerte Dr. *Kiliani* auf die elektrolytische Darstellung des *Reinaluminiums* und zog es vor in einer zweiten, für alle Fälle unentbehrlichen Operation, die gewünschten Legierungen selbst zu fabrizieren.

Ähnlich *Heroult,* verwendete auch Dr. *Kiliani* als Rohmaterial reine, ungemischte *Thonerde,* als Flussmittel vielleicht auch reinen Kryolith. Die Thonerde selbst wird auf verschiedene Wege gewonnen. Meist dient hiezu die mit Eisen und wenig Thonsubstanz verunreinigte Thonerde von Beaux (Bauxit) oder aus der Wochein (Wocheinit aus Krain). Die verunreinigte Thonerde wird zunächst mit Soda erhitzt, wobei sich das in Wasser lösliche Natriumaluminat bildet. Durch Einleiten von gasförmiger Kohlensäure in die Lösung dieses Aluminats, wird unter Rückbildung von Soda, reine *Thonerde* ausgefällt, welche gewaschen, getrocknet zur Beschickung des Reduktionsofens dient.

Die *Kiliani*'schen Reduktionsöfen sind im Prinzipe, Bau- und Betriebsart den *Heroult*'schen ähnlich, doch in mehrfacher Hinsicht vervollkommnet, so in Hinsicht auf die kontinuierliche Schaltung der Kohlenbündel, Sicherungen vor Kurzschluss u. d. m. Die Öfen arbeiten kontinuierlich; das auf der Herdsohle (der negativen Elektrode) sich ansammelnde Metall wird zeitweise in gusseiserne Formen abgestochen, aus welchen den Roheisen-Masseln oder Flosseln ähnliche, mit oberflächlichen Kerbungen versehene Barren oder Stangen, die eigentliche Handelsware, hervorgehen.

Der Ausbau der Neuhauser Fabrik, die volle Verwertung der verfügbaren Wasserkraft, nicht minder die Einführung mannigfacher Verbesserungen in der Gewinnung und Verarbeitung der Rohstoffe hatte eine Preisabminderung des Reinaluminiums zur Folge, die ihm jenen Eingang in die Industrie schuf, dessen sich das Aluminium gegenwärtig zu erfreuen hat. Ein Bild über die

Bewegungen des Marktwertes des Aluminiums seit der Pariser Ausstellung vom Jahre 1857 bis zur Wende des Jahrhunderts giebt folgende Zusammenstellung:

1857 . . .	:	300	Fr. pro kg.
1868 . . .	:	200	» » »
1888 . . .	:	25	» » »
1898 . . .	:	$2^1/_2$	» » »
1899 . . .		3	» » »

Mit dem Rückgang des Marktwertes des Reinaluminiums stieg dessen Bedeutung für die fabriksmässige Gewinnung seiner Legierungen, deren Wichtigkeit schon 1855 *Percy* erkannte und 1859 der Direktor der bayerischen Geschützgiesserei, Hauptmann *Weber,* so trefflich zu würdigen verstand. Dr. *Kiliani* wandte seine Aufmerksamkeit der vollständig in Vergessenheit geratenen Technik der Verarbeitung der Aluminium-Legierungen zu, deren Erzeugung keine Schwierigkeiten mehr boten, allein deren Anwendungsgebiete vorerst gefunden und erobert werden mussten. Zur Erreichung seiner Ziele wandte sich Dr. *Kiliani* im Dezember 1888 an die schweiz. Materialprüfungsanstalt mit einem Schreiben, in welchem es heisst: »*Wir erachten es im Interesse unseres Geschäftes für unumgänglich nötig, über die physikalischen und mechanischen Eigenschaften unserer Fabrikate, sowie über den Einfluss gewisser Beimengungen eine grössere, nach wissenschaftlichen Grundsätzen durchgeführte Reihe von Versuchen anstellen zu lassen. Wir richten an Sie die Bitte diese Versuchsreihe auf unsere Kosten nach Ihrem Ermessen und in Übereinkunft mit uns durchzuführen.*« In Aussicht genommen waren:

1. Reihe;	*2. Reihe;*	*3. Reihe.*
10 %-ige;	7,5 %-ige;	5,0 %-ige Aluminium-Bronze,
mit eventuellen Zuschlägen von:		
0,5 % Si;	0,5 % Fe;	30 % Zn
1,0 » »	1,0 » »	50 » »
2,0 » »	5,0 » »	70 » »
4,0 » »	10,0 » »	90 » »
7,0 » »	20,0 » »	—
10,0 » »	—	—

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass über die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Aluminiums und seiner Abkömmlinge wenig sicheres bekannt war, wurde zwischen Herrn

Dr. *Kiliani* und dem Berichterstatter vereinbart, die beantragte Untersuchung solle bestehen:

1. *Aus einer kleinern, lediglich zur allgemeinen Orientierung dienenden Versuchsreihe,* basierend auf den reduzierten Qualitäts-Zerreissproben des Aluminiums und seiner Legierungen in *gegossenem Zustande;*

2. *aus einer grossen, umfassenden Versuchsreihe,* welche über die Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse, sowie über alle andern physikalischen Eigenschaften des Reinaluminiums und seiner Legierungen Aufschluss zu erteilen hätte. Hierbei sollte das Material in 3 charakteristischen Zustandsformen, nämlich:

a. *gegossen;*
b. *gewalzt;*
c. *gezogen;*

in Betracht gezogen werden.

3. *Sämtliche mechanisch-technischen Arbeiten sind mit chemischen Analysen zu verbinden,* welche die Feststellung der durchschnittlichen Zusammensetzung des Versuchsmaterials ergeben sollten.

Es wird ferner vereinbart:

4. *Die Feststellung der rein technologischen Eigenschaften des Aluminiums und seiner Legierungen,* insbesondere des Gussverfahrens, der Bearbeitungsfähigkeit im kalten und warmen Zustande, das Walzen und Ziehen, sowie die Feststellung der Widerstandsfähigkeit der fraglichen Metalle gegen Einwirkung der Atmosphärilien, des Meerwassers, der Säuren, bleibt den Organen der Aluminium-Industrie-Gesellschaft vorbehalten.

An die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt hatte die Direktion der schweiz. Aluminium-Industrie-Gesellschaft einzuliefern übernommen:

I. *An gegossenem und gewalztem Material.*

Von jeder Metallsorte:

4 Stück Barren von 5,0 × 5,0 cm Querschnitt,
wovon: 3 » » eine Länge von 110 cm,
1 » » » » » 140 »

zu erhalten hatten. Die Barren müssen tadellose Oberflächenbeschaffenheit besitzen und scharfkantig, ebenflächig behobelt und blank abgeschlichtet sein.

II. *An Blech.*

Von jeder Metallsorte: 1 Tafel von 5,0 × 0,1 cm Querschnitt und 220,0 cm Länge.

III. *An Draht.*

Von jeder Metallsorte: 1 Bund von ca. 20 m Länge bei 2,0 bis 2,5 mm Dicke des Drahtfadens.

Das eingelieferte Versuchsmaterial sollte benützt werden:

1. *Zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung* und der speziellen physikalischen Eigenschaften;

2. *zur Feststellung der statischen Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse,* und zwar: der Zug-, Druck-, Scher-, Biegungs- und Torsionsfestigkeit;

3. *zur Feststellung des Verhaltens in kaltem und warmem Zustande* hinsichtlich:

der *Biegsamkeit;*
der *Schmiedbarkeit;*
der *Abnützbarkeit* (durch Schleifarbeit);

4. *zur Feststellung der dynamischen Festigkeitsverhältnisse* und zwar:

der *Stauchbarkeit;*
der *Schlag-Zugfestigkeit;*
der *Schlag-Biegefestigkeit.*

Mit Ausschluss der Torsionsversuche und der Feststellungen der dynamischen Festigkeitsverhältnisse, zu welchen die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt nicht eingerichtet ist, wurden die vorangehend spezifizierten Arbeiten, soweit das programmmässig ausbedungene Versuchsmaterial überhaupt erhältlich war, in der Anstalt am schweiz. Polytechnikum ausgeführt. Die Organisation, Anleitung und Überwachung der chemisch-analytischen Arbeiten danken wir dem gütigen Entgegenkommen des Herrn Prof. Dr. *Lunge.* Die meisten chemisch-analytischen Arbeiten wurden durch den hiefür angestellten Chemiker, Herr *Korin,* ausgeführt. Herr Prof. Dr. *Weber* hatte es übernommen die Bestimmung der rein physikalischen Eigenschaften, namentlich der Wärme- und elektrischen Leitungsfähigkeit, der Schmelztemperaturen u. d. m. im physikalischen Institut des schweiz. Polytechnikums auszuführen. Die Torsionsversuche wurden im mech.-techn. Labo-

ratorium der techn. Hochschule zu München durch Prof. *J. Bauschinger,* die dynamischen Festigkeitsversuche in der kgl. preussischen *mech.-techn. Versuchsanstalt* zu Charlottenburg ausgeführt.

Folgende Zeilen enthalten den Ausweis der Verteilung des Versuchsmaterials auf die vorerwähnten Materialprüfungs-Anstalten.

Je 1 Barren von 5,0 × 5,0 cm Querschnitt bei 140 cm Länge erhielt das mech.-techn. Laboratorium der techn. Hochschule München;

je 1 Barren von 5,0 × 5,0 cm Querschnitt und 110 cm Länge gieng an die mech.-techn. Versuchsanstalt nach Charlottenburg;

2 Barren von 5,0 × 5,0 × 110 cm nebst sämtlichen Blechen und Drähten von den eingelieferten Metallsorten sind im schweiz. Materialprüfungs-Institut zurückbehalten und verarbeitet worden.

Die nach München versandten Barren wurden gehälftet, so dass von jeder Materialsorte 2 Torsionsproben ausgeführt werden konnten.

Die nach Charlottenburg eingelieferten Barren sind zunächst den Schlagproben unterworfen und die hiebei unbeschädigt gebliebenen Endstücke zur Entnahme des Versuchsmaterials für die übrigen dynamischen Festigkeitsproben verwendet worden. Die Entnahme und Zurichtung der Versuchskörper der dynamischen Proben besorgte die Werkstätte der mech.-techn. Versuchsanstalt Charlottenburg.

Sämtliche in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt zurückbehaltenen Barren wurden zunächst den statischen Biegeproben unterworfen; aus den bei diesen Proben schädlich nicht beeinflussten Endstücken sind die Versuchskörper zu allen weitern statischen Festigkeitsversuchen entnommen worden, während die Teilstücke der Barren, die in den Fliessgrenzen lagen oder in diese hineinragten zu Schmiedeproben Verwendung fanden.

Bezüglich der Herstellung der Versuchsbarren hat die Direktion der Aluminium-Industrie-Gesellschaft folgendes zu Protokoll gegeben:

»Das Metall wurde in gedeckten Tiegeln (Chamotte) in gewöhnlichen Tiegelschmelzöfen geschmolzen, in einer Pfanne gemischt (legiert) und dann in einer liegenden, oben offenen Koquille von 1,5 m Länge und 0,24 m Breite vergossen, Die

so hergestellten Platten hatten eine Höhe von ca. 6,0 cm. Dieselben wurden auf allen Seiten behobelt und dann der Länge nach in 4 Stäbe von ca. 5,0 × 5,0 cm Querschnitt zerschnitten.

Die Blöcke für die gewalzten Stäbe waren auf gleiche Manier gegossen worden, nur die Masse derselben war verschieden. Die Blöcke hatten eine Länge von 80 cm, eine Breite von 22 cm und betrug hiebei die durchschnittliche Dicke ca. 11 cm. Diese Blöcke wurden zuerst auf allen Seiten sauber behobelt, dann in der Mitte der Länge nach geteilt, jede dieser Plattenhälften auf den halben Querschnitt, d. h. auf 7,5 × 7,5 cm geschmiedet und sodann auf 5,5 × 5,5 cm Querschnitt heruntergewalzt. Die gewalzten Stäbe wurden schliesslich noch auf 5,5 × 5,5 cm Querschnitt behobelt und kamen so zur Untersuchung. Jeder gewalzte Stab gab zwei Probestäbe.«

Vorstehende Angaben beziehen sich auf die sog. *grosse oder umfassende Versuchsreihe.* Hinsichtlich der Erzeugung des Materials der kleinen, orientierenden Versuchsreihe sei bemerkt, dass dasselbe (gegossen) in ähnlicher Weise gewonnen wurde als dasjenige der umfassenden Versuchsreihe; ein Unterschied besteht lediglich bloss in den Abmessungen der Koquillen, welche entsprechend der geringeren Materialmenge, kleiner gewählt werden konnten.

II. Methoden der Untersuchung der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Aluminiums und seiner Legierungen.

1. Methoden der chemisch-analytischen Untersuchungen.

Bericht des Herrn Prof. Dr. *G. Lunge* in Zürich[1]).

Im Laufe des Jahres 1889 sind in dem technisch-chemischen Laboratorium des eidgen. Polytechnikums eine grosse Anzahl von Analysen verschiedener Aluminiumlegierungen im Auftrage der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt, auf Grund eines Generalauftrages der Aluminium-Industrie-Gesellschaft, ausgeführt worden. Die Methoden für diesen Zweck sind von dem Unterzeichneten angeordnet worden und schliessen sich im grossen und ganzen an diejenigen von Prof. *A. Classen* in Aachen an. Es mussten aber doch die in Aachen angewendeten Methoden für den vorliegenden Zweck vielfach modifiziert werden, da man dort mit ganz anders zusammengesetztem Material als in unserem Falle zu thun gehabt hatte. An der Ausarbeitung der Spezialmethoden hat sich der Chemiker Herr *J. Korin* beteiligt, welcher sämtliche praktischen Arbeiten ausgeführt hat. Ich werde im folgenden zunächst eine genauere Beschreibung der einzelnen Methoden, mit Begründung der von Zeit zu Zeit angestellten Veränderungen, geben und dann den schliesslich festgehaltenen Gang der Analyse im Zusammenhang beschreiben.

[1]) Die im Nachstehenden beschriebenen Methoden wurden im Jahre 1889 nicht für das (damals nur ganz wenig im Handel zu findende) *Aluminiummetal*, sondern für *Aluminiumbronze* und *Aluminiummessing* ausgearbeitet, und sind für diesen Zweck noch heute giltig. Über die Analyse des seither zu so grosser Bedeutung gelangten, damals aber uns noch gar nicht zur Untersuchung vorliegenden *Handels-Aluminiums* vergleiche man *Pufahls* Angaben in *Lunge's* chemisch-technischen Untersuchungsmethoden, 1890, II, 349 ff.

a. *Auflösung.* Zuerst wurde so verfahren, dass man die Substanz (etwa 2 gr) mit einem aus 1 Teil Salzsäure und 3 Teilen Salpetersäure bestehenden Königswasser aufschloss, mit überschüssiger Salzsäure bis zu vollkommener Trocknis eindampfte, mit Salzsäure befeuchtete und den Rückstand auswusch. Dieser Rückstand sollte das Silicium als Kieselsäure anzeigen; er war aber nie rein weiss und es zeigte sich, dass er einerseits nie frei von Eisen war, was sein Gewicht zu hoch erscheinen lies, andererseits aber, dass auch stets freies Silicium vorhanden war, was den entgegengesetzten Einfluss auf das Gewicht ausüben musste. Das Silicium kommt in der Aluminiumbronze in zwei Modifikationen, der krystallinischen und der amorphen vor. Letztere kann man durch heftiges Glühen bei Luftzutritt zu Kieselsäure verbrennen, wie Kontrollversuche zeigten, erstere aber durchaus nicht. Selbst wo das krystallinische Silicium fehlt, genügt jedoch ein einfaches Glühen des Niederschlages nicht, wegen dessen Eisengehalt und müsste man ihn doch noch mit Soda schmelzen, um reine Kieselsäure auszuscheiden, was sehr umständlich ist.

Es war uns von Seiten der Fabrik geraten worden, lieber eine Oxydation mit Chromsäure und Schwefelsäure vorzunehmen, und haben wir auch dieses Verfahren gründlich durchprobiert, ohne uns jedoch mit demselben befreunden zu können. Die Oxydation des Si zu SiO_2 geht doch keineswegs so glatt wie bei Eisenanalysen diejenige des C zu CO_2 vor sich, und muss man die nötige Menge des Oxydationsgemisches erst ausprobieren. Das erwähnte Gemisch hat aber noch dazu den Nachteil, dass man in der Lösung selbstredend keine Schwefelbestimmung vornehmen kann, und eine besondere Aufschliessung zu diesem Zwecke vornehmen muss. Das Chromsäuregemisch ist also kein vorteilhaftes Aufschliessungsmittel.

Dagegen erreichten wir den Zweck, eine durchaus eisenfreie Kieselsäure zu erhalten, vollkommen durch Anwendung eines Gemisches von Kaliumchlorat und Salpetersäure oder Salzsäure. Beide Säuren führen zum Ziele; die Salpetersäure hat jedoch den Nachteil, dass die Reaktion zu stürmisch vorgeht und sehr leicht Verlust durch Spritzen entsteht. Dies war meist zu vermeiden, wenn man den Brei von Metallpulver, Kaliumchlorat und Salpetersäure schnell umrührte und dann allmählig mehr Salpetersäure zugab; doch trat selbst dann zuweilen noch

Spritzen ein, und wurde deshalb regelmässig statt der Salpetersäure nur Salzsäure angewendet, wobei in Gegenwart von genügend Wasser die Reaktion langsam vor sich geht, und die erhaltene Kieselsäure vollkommen eisenfrei ist. Eine grosse Anzahl von Versuchen haben gezeigt, dass freies amorphes Silicium unter diesen Umständen vollkommen in Kieselsäure übergeht. Für krystallinisches Silicium ist diese Methode nur in wenigen Fällen durchprobiert worden, und hat allerdings dasselbe Resultat wie die (von uns in diesem Falle allein als massgebend angenommene) Schmelzung mit Soda ergeben; wir würden aber den bestimmten Schluss, dass auch bei krystallinischem Silicium die Aufschliessung mit Kaliumchlorat und Salzsäure das Schmelzen des Rückstandes mit Soda ersetzen kann, nur dann auszusprechen wagen, wenn uns noch eine grössere Reihe von Kontrollversuchen vorläge. Zur Anstellung einer solchen war keine Veranlassung vorhanden, da krystallinisches Silicium nur in den sehr aluminiumreichen Rohbronzen vorkam und später gar nicht mehr auftrat.

b. *Bestimmung des Kupfers.* Wo man nicht auf Elektrolyse eingerichtet ist, wird man wohl stets das Kupfer aus saurer Lösung mit Schwefelwasserstoff ausfällen und dasselbe im Rose'schen Tiegel als Cu_2S wägen. Diese Methode ist vollkommen genau und ist überhaupt vorzuziehen, wenn man nur hin und wieder eine Bestimmung auszuführen hat. Wir haben sie sehr häufig benutzt, nämlich erstens gezwungenerweise, ehe die elektrolytische Einrichtung fertig war und während der grossen Ferien, wo diese nicht funktionierte, ausserdem aber auch häufig absichtlich zur Kontrolle der Elektrolyse. Wenn freilich viele Analysen gleichzeitig auszuführen sind, so ist die Fällung mit Schwefelwasserstoff äusserst lästig und zeitraubend. Da wir nun oft 6—8, oder auch noch mehr Versuche gleichzeitig im Gange hatten, so wurde die elektrolytische Ausscheidung des Kupfers eingeführt, wozu im grossen und ganzen die Methode von Classen in deren neuester Form benutzt wurde. Der galvanische Strom wird erzeugt durch eine Siemens'sche Dynamomaschine von etwa 12 Volt und 100 Ampère, getrieben durch eine besondere, in demselben Lokal aufgestellte Sulzer'sche 2-pferdige Dampfmaschine mit ganz besonders guter Regulierung. Anfangs wurde dieser Strom direkt benutzt, indem man ihn

durch einen grossen Neusilber-Widerstand gehen liess, wie er für Classen von Siemens & Halske konstruiert und in Classens Elektrolyse abgebildet ist. An beliebigen Stellen dieses Widerstandes zweigt man Ströme von passender Stärke ab, welche Stärke durch ein Voltameter gemessen wird, und führt diese Ströme durch die elektrolytischen Bäder, von denen jedes einem analytischen Versuch dient, hindurch. Man kann auf diesem Wege beliebig viele, z. B. 12 Versuche, auf einmal machen, und auch mit mehreren verschiedenen Stromstärken zu gleicher Zeit arbeiten, wie es für verschiedene analytische Operationen erforderlich ist. Die Methode ist völlig genau und zuverlässig und erspart ausserordentlich viel Zeit. In dieser Form ist sie aber doch noch mit dem Nachteile behaftet, dass man von dem Gange der Maschine und den Arbeitsstunden des Maschinisten abhängig ist, weshalb wir bald zur Anwendung von Accumulatoren (System Schenk & Ferbényi) übergiengen, die wir dann ausnahmslos gebraucht haben. Sind die Accumulatoren einmal geladen, so kann man eine grosse Reihe von Versuchen hintereinander anstellen, ganz unabhängig von der Dampfmaschine, auch über Nacht. In der That ist es weitaus das bequemste Verfahren, die Bäder zur Elektrolyse Abends zwischen 6 und 7 Uhr aufzustellen, einen genügend schwachen (durch Widerstände regulierten und durch Voltameter kontrollierten) Strom aus den Accumulatoren einzuleiten und am nächsten Morgen um 8 Uhr die Kupferfällung beendigt zu finden.

Classen fällt das Kupfer elektrolytisch aus Ammonoxalatlösung aus. Er zieht dies der Elektrolyse in saurer Lösung vor, weil man bei dieser das ausgeschiedene Metall ohne Unterbrechung des Stromes auswaschen müsse und dabei sehr grosse Flüssigkeitsmengen bekomme. Wir konnten dieses Verfahren nicht anwenden, da wir auf das Eisen zu achten hatten, welches aus der Ammonoxalatlösung sich mit ausscheiden würde. Wir mussten deshalb doch in saurer (schwefelsaurer) Lösung arbeiten und wuschen anfangs ganz nach den Vorschriften von Classen (Elektrolyse S. 47 u. 63) aus. Dabei entstand nun allerdings eine grosse Flüssigkeitsmenge, die behufs Bestimmung des Eisens und Aluminiums eingedampft werden musste, was grossen Zeitverlust verursachte. Wir versuchten daher das Auswaschen bei unterbrochenem Strome zu umgehen, und gelang dies auch voll-

ständig, wie viele Kontrollversuche zeigten, wenn man wie folgt arbeitet. Die positive Elektrode wird aus dem Bade herausgenommen und ohne jeden Verzug die Flüssigkeit aus der Platinschale, die als negative Elektrode gedient hat, in eine bereit stehende Porzellanschale abgegossen. Sofort wird zwei oder dreimal mit Wasser abgespült und zuletzt mit absolutem Alkohol gewaschen. Das in der Platinschale abgeschiedene Kupfer bleibt dabei vollständig blank; keine Spur von Kupfer ist in der Flüssigkeit nachzuweisen. Es möge hier gleich bemerkt werden, wie darauf geprüft wurde. Ferrocyankalium ist wegen der Anwesenheit von Eisen nicht zu verwenden. Die Ammoniakreaktion ist entschieden nicht scharf genug, und wurde deshalb in allen Fällen mit Schwefelwasserstoff geprüft, welcher die kleinsten Spuren von Kupfer anzeigt.

Wo man aus besonderen Gründen (z. B. bei Aluminiummessing) das Kupfer nicht in schwefelsaurer, sondern in salpetersaurer Lösung abscheiden muss, muss man etwas anders verfahren. Der Kupferniederschlag fällt aus salpetersaurer Lösung sogar viel blanker als aus schwefelsaurer Lösung aus, vorausgesetzt dass keine Spur von Salzsäure oder Chloriden vorhanden ist; man kann aber hier nicht mehr wie oben beschrieben auswaschen, weil dann doch ein wenig Kupfer in Lösung geht. Es wurde daher in folgender Weise verfahren. Von vornherein wird nur sehr wenig freie Säure angewendet. Nach beendigter Ausfällung wird der Inhalt der Schale wie oben beschrieben schnell abgegossen; die Schale wird dann mit Wasser aufgefüllt und die positive Elektrode noch etwa 5 Minuten lang hineingestellt, worauf das Waschwasser ohne eine Spur von Kupfergehalt abgegossen werden konnte. Auf diesem Wege wurde also das Volumen der ursprünglichen Lösung nur verdoppelt. Wie gesagt, muss jeder grössere Überschuss von Salpetersäure bei der Elektrolyse vermieden werden. Da nun aber ein wenig Salpetersäure sich zu Ammoniak reduziert, so kann während des Versuches die Flüssigkeit neutral oder basisch werden, und können sich schon einige Flocken von Thonerde ausscheiden. Bemerkt man dieses, so löst man die Thonerde durch tropfenweisen Zusatz von Salpetersäure wieder auf. Auch bei Anwendung einer schwefelsauren Lösung soll ein grösserer Säure-Überschuss vermieden werden; doch ist diese nicht so empfindlich wie die Salpetersäurelösung.

c. *Bestimmung von Eisen und Aluminium.* Classen schreibt vor, das Eisen aus einer Ammonoxalatlösung elektrolytisch auszufällen und als Metall zu bestimmen. Diese Methode ist sehr gut, und bei grösseren Mengen von Eisen sehr zu empfehlen, ist aber bei den geringen Mengen von Eisen in unseren Legierungen unnötig, umständlich und zeitraubend, und wurde deshalb wieder aufgegeben. Wir versuchten auch die Elektrolyse zur Reduktion des Eisens behufs Titrierung mit Chamäleon zu verwenden, da nach Ausfällung des Kupfers aus schwefelsaurer Lösung alles Eisen als Ferrosulfat vorhanden sein muss. Ganz sicher kann man sich aber hierauf nicht verlassen, weil sich etwas Eisen nachträglich höher oxydieren kann, während man sicher zum Ziele kommt, wenn man einen Teil eines Bades im Ventilkolben mit einem Stückchen eisenfreien (auf Chamäleon überhaupt nicht wirkenden) Zink stehen lässt. Wir verfahren daher jetzt stets wie folgt: Die von Kupfer durch Elektrolyse befreite Lösung wird auf genau 200 ccm gebracht; 100 ccm davon werden (nach Behandlung mit Zink) mit Chamäleon auf Eisen titriert, und aus den anderen 100 ccm wird Eisenoxyd und Thonerde zusammen durch Ammoniak ausgefällt. Letzteres geschieht in der Weise, dass man die in einer Porzellanschale enthaltene heisse Lösung mit Ammoniak versetzt, bis ein schwacher Geruch entsteht, dann 5 Minuten auf dem Wasserbad stehen lässt (also nicht kocht!), wobei der Geruch so gut wie ganz verschwindet und dann filtriert. Öfters wurde auch so verfahren, dass man zuerst etwas Schwefelwasserstoff einleitete und dann Ammoniak zusetzte. Dabei kann man sehr leicht merken, wenn man mit dem Ammoniakzusatz aufhören muss, weil die Flüssigkeit bei dem richtigen Punkte dunkelgrün wird. Die Fällung mit Schwefelammonium hat auch den Vorteil, dass es unmöglich ist zu übersehen, ob Teilchen des Niederschlages an der Schale haften bleiben, was bei dem Fällen mit Ammoniak bei der weissen schleimigen Thonerde eher passieren kann.

Versuche, aus der kupferhaltigen Lösung die Thonerde zusammen mit dem Eisenoxyd direkt durch Ammoniak auszufällen, gaben keine zufriedenstellenden Resultate. Beim Wiederauflösen und nochmaligen Fällen gelang es zwar, den Niederschlag ganz kupferfrei zu erhalten; die Resultate fallen aber immer zu niedrig aus.

d. *Bestimmung des Zinks.* Auch dieses kann man elektrolytisch, nach der Methode von Classen, bestimmen. Es wird dann nach Ausfällung des Kupfers Ammonoxalat zugegeben, erhitzt und so viel mehr Ammonoxalat zugesetzt, bis der anfangs entstandene Niederschlag sich wieder aufgelöst hat. Das Zink scheidet sich dann bei einem galvanischen Strome, welcher 8—10 ccm Knallgas in der Minute liefert sehr schön ab, haftet aber sehr stark an der Bassinschale, die deshalb schwer zu reinigen ist. Bei Gegenwart von Eisen und Aluminium gewährt aber dieser Weg keinen Vorteil, und wird daher besser nach elektrolytischer Abscheidung des Kupfers und fast vollständiger Neutralisierung das Eisen und Aluminium zusammen mit Natriumacetat gefällt und im Filtrat das Zink mit Natriumkarbonat niedergeschlagen.

Der *systematische Gang der Analyse* von Aluminiumbronze bezw. Aluminiummessing, wie er seit längerer Zeit bei uns ausgeführt wird, ist kurzgefasst folgender.

A. *Aluminiumbronze.*

α. In einer weiten Porzellanschale, bei der ein Verlust durch Spritzen nicht leicht eintreten kann, werden etwa 2 gr Metallspäne mit 6—8 gr Kaliumchlorat und 100 ccm Wasser gemengt, allmählig Salzsäure zugegeben, zweimal mit Salzsäure zur Trockniss eingedampft, der Rückstand mit Salzsäure befeuchtet und in einen Halbliterkolben filtriert. Der geglühte Rückstand ist $= SiO_2$.

β. Der Kolben wird bis zur Marke aufgefüllt, und 100 ccm zur Bestimmung der Metalle, 400 ccm zu derjenigen des Schwefels (*ε*) benutzt. Die 100 ccm werden mit Schwefelsäure eingedampft, bis zur Verjagung aller Salzsäure, und wie oben S. 19 beschrieben, mit einem schwachen Strome elektrolysiert. Der Niederschlag ist $= Cu$.

γ. Die abgegossene Flüssigkeit und Waschwässer werden auf 200 ccm aufgefüllt; in 100 ccm davon wird das *Fe* durch Chamäleontitrierung bestimmt.

δ. In den zweiten 100 ccm von *γ* wird durch Ammoniak Al_2O_3 und Fe_2O_3 niedergeschlagen, und durch Differenz gegen *γ* das *Al* bestimmt.

ε. In den in *β* übrig gelassenen 400 ccm wird *S* bestimmt, indem man auf ein kleines Volumen eindampft und mit Chlorbaryum ausfällt.

B. *Aluminiummessing.* Hier wird das *Cu* in salpetersaurer Lösung elektrolytisch ausgefällt. Das Filtrat wird wie in A γ behandelt, und in 100 ccm davon das *Fe* durch Titrieren bestimmt, Die anderen 100 ccm werden mit Natriumacetat gefällt, der Niederschlag von basischem Thonerde- und Eisenacetat in Salzsäure gelöst und mit Ammoniak Fe_2O_3 und Al_2O_3 gefällt, worauf das *Al* wieder aus der Differenz resultiert. Das Filtrat von der Natriumacetatfällung wird mit Soda gefällt und der geglühte Niederschlag als *ZnO* gewogen.

2. Methoden der mechanisch-physikalischen Untersuchungen.

A. Methoden der Untersuchung der statischen Festigkeits-Verhältnisse.

a. Die umfassende Biegeprobe.

Die *umfassenden* Biegeversuche wurden auf der *Werder*'schen Maschine ausgeführt. Die Lagerung der Stäbe erfolgte horizontal, auf keilförmig gestalteten mit ca. 3,0 cm abgerundeten Schneiden unwandelbarer Lage. Der Kraftangriff geschah vermittelst einer ähnlich geformten Schneide auf die Barrenmitte ohne weitere Beilagen.

Die Stützweite war den Querschnittsabmessungen der Versuchsobjekte entsprechend konstant und gleich 80 cm gewählt.

Zur Messung der elastischen Durchbiegungen dienten die bekannten *Gradbogen-Apparate* Bauschingers. Von diesen wurde der eine in der Barrenmitte im Sinne der Biegungsrichtung, die andern über den Auflagestellen in entgegengesetzter Richtung montiert. Die gewählte Disposition der Messapparate gestattete die Bestimmung der absoluten Durchbiegung mit einer Genauigkeit 1 : 50 auszuführen und so hinlänglich genau die Elemente zur Berechnung der Elasticitäts- und Grenzmoduli sowie der Deformationsarbeit innerhalb der Biegung zu erheben.

Zur Aufnahme der Durchbiegungen jenseits der Elasticitätsgrenzen diente noch, wie bei ähnlichen Anlässen zuvor, ein einfacher, cylindrischer Massstab mit mm-Teilung und Nonius für 0,10 mm. Nach Durchführung der jeweiligen Elasticitätsmessungen wurden die Gradbogenapparate demontiert und man begann mit besagtem Massstabe weiter zu arbeiten.

Auf eine bestimmte Dauer der Krafteinwirkung konnte keine Rücksicht genommen werden. Die sämtlichen Ablesungen erfolgten zu gleicher Zeit und stets nachdem die Luftblase der Libelle des Wagebalkens der Maschine einspielte und in diesem Zustand stehen blieb.

Zur numerischen Ermittlung der Faserspannungen diente die bekannte Biegeformel:

$$\sigma = \frac{\text{Moment}}{\text{Widerstandsm.}} = \frac{M}{W};$$

ihre Gültigkeit erstreckt sich selbstverständlich bloss innerhalb Proportionalitäts- oder Elasticitätsgrenze. Nichtsdestoweniger musste dieselbe auch für Belastungszustände jenseits dieser Grenze benützt werden. Hierdurch erhielt man Zahlen, die die thatsächlich herrschenden Spannungs-Zustände nicht mehr zum Ausdrucke bringen, zur Vergleichung jedoch verwendbar sind.

Die Elasticitätsmoduli wurden unter Berücksichtigung der Scherkräfte aus der verallgemeinerten Formel:

$$\varepsilon = \frac{Pl}{1{,}6\,f}\left[\frac{l^2}{30\,J} + \varkappa\,\frac{1}{F}\right],$$ hergeleitet, worin bedeutet:

P in t, die der Durchbiegung f (cm) des Barrens entsprechende Belastung;

l in cm die Freilage;

J in cm^4 das Trägheitsmoment des Barrenquerschnitts;

F in cm^2 den Querschnitts-Inhalt und

$\varkappa$ den Koeffizienten der Querverschiebung.

Zur näheren Einsichtnahme in das Messverfahren lassen wir 2 Protokolle der Biegeproben folgen und bemerken zu diesen, dass die Ausgangsbelastung Fall für Fall zu 0,5 t angenommen war und die diesem Belastungs-Intervall entsprechende Durchbiegung aus der mittleren, elastischen Durchbiegung abgeleitet im Protokolle als Korrektiv berücksichtigt wurde. Aus fraglichen Protokollen ersieht man, dass vor Durchführung der Messung durch einige Belastungen zwischen 0,5 t und einer innerhalb der Elasticitätsgrenze des Materials liegenden oberen Laststufe ein konstanter Zustand hergestellt war. Es geschah dies zur Kontrolle des Apparates auf todten Gang, anderseits um etwelche aus Material-Spannungen und den allfälligen, bleibenden Formänderungen herrührenden Einflüsse aufzuheben.

Nach Überschreiten der Proportionalitäts- oder Elasticitäts-Grenze fand der Apparaten-Wechsel, sodann die Weiterführung des Versuches bis zum Bruche, bezw. bis zum Eintritt des Verlustes des Tragvermögens, gekennzeichnet durch das Sinken der belasteten Wagschale der Werder-Maschine, statt. Schliesslich wurden die Elemente des Arbeitsdiagrammes zur Darstellung des Schaubilds der Biegeprobe benützt, welchem Fall für Fall: bei einer rechnungsmässigen Faserspannung von σ = 2,0, 4,0, 6,0 und 8,0 t/cm² die korrespondierenden Durchbiegungen f und die Deformationsarbeiten A entnommen wurden. Gleiches gilt bezüglich der Deformationsarbeit an der Kohäsionsgrenze.

Die *Durchbiegungen* der Barren an der Kohäsionsgrenze lassen Vergleichungen nicht zu, weil der Moment, wo der Versuch abgebrochen werden musste, bezw. abgebrochen wurde, nicht fixiert oder bestimmt werden konnte. Gleiches gilt von der Deformationsarbeit an der Kohäsionsgrenze für sämtliche Barren, die vermöge der Zähigkeit des Materials nicht gebrochen werden konnten; sie sind zur Vergleichung unbrauchbar.

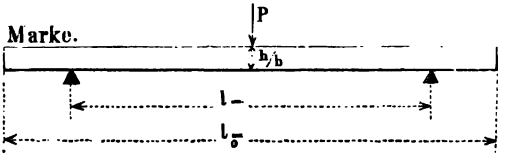
In den Zusammenstellungen der Resultate sind neben den beobachteten Werten auch die auf einen normalen Barrenquerschnitt von 5,0 × 5,0 cm reduzierten, angegeben; vergl. in dieser Hinsicht, III. Heft der offiziellen Mitteilungen, S. 239.

Ist

J_0 das Trägheitsmoment der Querschnittsfläche des Versuchsbarrens,
J » » » » » Normalbarrens,
f_0 und A_0 die beobachteten Werte der Durchbiegungen und der Deformationsarbeit bei beliebiger Belastung, so erhält man die *reduzierten* oder *relativen* Werte dieser Grössen aus:

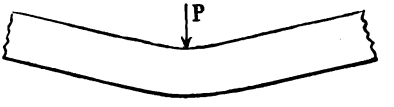
$$f = f_0 \frac{J_0}{J} \quad \text{und} \quad A = A_0 \frac{J_0}{J}$$

Versuch No. 1. **Biegeprobe.**



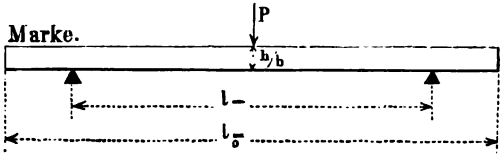
Marke: 1 G. *Material:* 7,5 %-ige Aluminium-Bronze, gegossen.

Trägheitsmoment: $J = \frac{1}{12} bh^3 = 55{,}06\ cm^4$; Widerstandsmoment: $W = \frac{1}{6} bh^2 = 21{,}68\ cm^3$.

P t	Querschnittsabmessungen b cm	h cm	Inhalt F cm²	Stützweite l cm	Durchbiegungen f/50 cm	Differenz	f₀ cm	Bemerkungen
0,00	5,04	5,08	25,60	80,00	0,000			**Barren**, sig. 1 G B.
0,25					2,085	2,085		**Barrenoberfläche:** eben behobelt, fehlerfrei.
0,50					4,200	2,115		
0,75					6,275	2,075		
1,00					8,370	2,095		Lage und Form der Bruchfläche:
1,25					10,470	2,100		
1,50					12,570	2,100		
1,75	– Proportionalitätsgrenze –				14,850	2,280	0,2970	
2,00					18,020	3,170	0,3604	Kein Querbruch.
2,25					22,120	4,100		
2,50					27,700	5,580		
2,75					38,270	10,570	0,77	Wechsel des Messapparates.
3,00							1,05	
3,25							1,48	
3,50							2,20	
3,75							2,98	Elasticitätsmodul $\varepsilon = 115{,}6$ t p. cm²
4,00							3,96	Spannung an der Proport.-Grenze $\gamma = 1{,}61$ »
4,25							5,12	Durchbiegung a. d. „ $f\gamma = 0{,}30$ cm
4,50							6,39	Deformationsarbt. a. d. „ $A\gamma = 0{,}26$ t cm
4,75							7,98	Spannung a. d. Kohäsionsgrenze $\beta = 4{,}89$ t p. cm²
5,00							9,92	Durchbiegung a. d. „ $f = 13{,}50$ cm
5,25							12,77	Deformationsarbt. a. d. „ $A = 57{,}93$ t cm
5,30	– Kohäsionsgrenze. –					c.	13,50	Barrenoberfläche: vollkommen intakt; innerhalb der Fliessstrecke schwach wellig.
								Material der Bruchfläche: konnte nicht beurteilt werden.

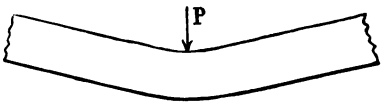
Die Tragfähigkeit des Barrens kann nicht mehr gesteigert werden; derselbe wird intakt ausrangiert.

Versuch No. 2. **Biegeprobe.**



Marke: 1 G. *Material:* 7,5 %-ige Aluminium-Bronze; gegossen.

Trägheitsmoment: $J = \frac{1}{12} bh^3 = 54{,}09\ cm^4$; Widerstandsmoment: $W = \frac{1}{6} bh^2 = 21{,}46\ cm^3$.

P t	Querschnittsabmessungen b cm	h cm	Inhalt F cm²	Stützweite l cm	Durchbiegungen f $\frac{1}{50}$ cm	Differenz	f_0 cm	Bemerkungen
0,00	5,07	5,04	25,55	80,00	0,000			**Barren**, sig. 1 G C.
						2,270		
0,25					2,270			**Barrenoberfläche:** zeigt in der Nähe der Mitte auf der einen der gepressten Kanten einen Gussfehler (poröse Stelle).
						2,310		
0,50					4,580			
						2,270		
0,75					6,850			
						2,220		
1,00					9,070			
						2,300		
1,25					11,370			
						2,250		
1,50					13,620		0,2724	Lage und Form der Bruchfläche:  Kein Querbruch.
						2,550		
—	– Proportionalitätsgrenze –							
1,75					16,170			
						3,200		
2,00					19,370			
						4,450		
2,25					23,820			
						7,725		
2,50					31,545		0,63	Wechsel des Messapparates.
2,75							0,82	
3,00							1,19	
3,25							1,77	
3,50							2,61	
3,75							3,58	
4,00							4,71	
4,25							6,01	
4,50							7,62	
4,75							9,56	
5,00							12,26	
5,25	– **Kohäsionsgrenze.** –					c.	15,37	

Die Tragfähigkeit des Barrens kann nicht weiter gesteigert werden; derselbe wird vollkommen intakt ausrangiert.

Elasticitätsmodul	$\varepsilon =$	1099 t p. cm²
Spannung an der Proport.-Grenze	$\gamma =$	1,52 »
Durchbiegung a. d. „	$f\gamma =$	0,30 cm
Deformationsarbt. a. d. „	$A\gamma =$	0,24 t cm
Spannung a. d. Kohäsionsgrenze	$\beta =$	4,89 t p. cm²
Durchbiegung a. d. „	$f =$	15,37 cm
Deformationsarbt. a. d. „	$A =$	65,10 t cm
Barrenoberfläche: wie vorher.		
Material der Bruchfläche: –		

Zusammenstellung der Resultate.

Mittelwerte aus 2 Messungen.

7,5 %-ige *Aluminium-Bronze.*

		Beobachtet:	Reduziert:
Elasticitätsmodul der Biegefestigkeit . .	$\varepsilon =$	1168 t pr. cm²;	1168 t pr. cm²;
Spannung an der Proport.-Grenze . .	$y =$	1,57 » ;	1,57 » ;
Durchbiegung a. d. » . .	$fy =$	0,30 cm;	0,32 cm;
Deformationsarbeit a. d. » . .	$Ay =$	0,20 t cm;	0,21 t cm;
Durchbiegung bei 2,0 t Faserspannung .	$f_2 =$	0,43 cm;	0,45 cm;
» » 4,0 » .	$f_4 =$	5,93 » ;	6,23 » ;
Deform.-Arbeit bei 2,0 t Faserspannung .	$A_2 =$	0,50 t cm;	0,53 t cm;
» » 3,0 » .	$A_4 =$	20,33 » ;	21,35 » ;
Spannung an der Kohäsionsgrenze . .	$\beta =$	4,89 t pr. cm²;	4,89 t pr. cm²;
Durchbiegung a. d. » . .	$f =$	14,44 cm;	15,16 cm;
Deformationsarbeit a. d. » . .	$A =$	61,52 t cm;	64,60 t cm;

b. Die technologischen Biegeproben.

Zur Bestimmung der Biegsamkeit (Brüchigkeitsverhältnisse) des Reinaluminiums und seiner Legierungen in kaltem und warmem Zustande, bezw. in abgeschrecktem Zustande, wurden aus den vorangehend den umfassenden Biegeproben ausgesetzten Barren, Probestreifen von ca. 42 cm Länge, 5,0 cm Breite bei 1,2 cm Dicke (bei den Blechen war die Streifendicke gleich der Blechdicke) kalt herausgearbeitet und mit sorgfältig ausgerundeten Kanten den technologischen Biegeproben unterworfen. Bezüglich der Art der Entnahme der Probekörper aus den zur Prüfung eingesandten Blechproben, vergl. Fig. 3 auf S. 32. Bezüglich des Arbeitsvorganges sei bemerkt:

ad a. (Kaltbruchprobe): Die versuchsgerecht hergerichteten Probekörper wurden anfänglich auf einem *Mohr-Federhaff*'schen, später auf dem *Amsler*'schen Biegeapparat (sogen. Faltmaschine) gebogen. Im erstern Falle konnten die Versuchsobjekte bloss bis ca. 95° um einen Dorn von 1" engl. im Durchmesser vorgebogen werden, und mussten hierauf mittelst Handhämmer am Schmiedeambos weiter gebogen werden. Bei der *Amsler*-Maschine wird die Probe bekanntlich um einen Dorn vom Durchmesser gleich der 1,5 Streifendicke hydraulisch um 180° abgebogen und gefaltet, sofern nicht vorher Bruch eingetreten ist. Gemessen und protokolliert wurde in allen Fällen:

der *Biegewinkel* der Probe und

die *Grösse des Krümmungsradius* der Nullfaser (Schweraxe) an der Stelle der schärfsten Biegung. Die Formel des Berichterstatters

$$x = 100 \frac{s}{2r} = 50 \cdot \frac{s}{r}$$

wo in s in cm die Dicke des Probestreifens, r den Krümmungsradius der Nullschicht bedeutet, liefert das *Krümmungs-Mass* des Materials.

ad β. (Rotbruchprobe): Die versuchsgerecht hergerichteten Probekörper wurden in einem, mit Metall-Pyrometer besetzten Muffelofen eingesetzt und bis zur gleichmässigen Kirschrotglut erhitzt. Die Temperatur betrug ca. 735° C., die Reinaluminiumblättchen waren geschmolzen, dagegen die Legierung aus 800 Ag + 200 Cu nicht. Die vorschriftsmässig erhitzten Probekörper wurden aus dem Ofen genommen, von Hand rasch um einen Dorn von 2 cm Durchmesser abgebogen, hierauf mittelst Handhämmer am Schmiedeambos gefaltet, langsam abgekühlt und der Zustand der Probe festgestellt.

ad γ. (Härtebiegeprobe): Um zu konstatieren, ob durch den Prozess des Abschreckens nicht molekulare Veränderungen des Materials eintreten, die dessen wichtigen Eigenschaften nachteilig beeinflussen könnten, wurde bei gewalztem Material, namentlich bei den »*Blechproben*«, das nach Art der Rotbruchprobe erhitzte Versuchsmaterial im Wasser von 25° C. abgeschreckt, hierauf der *Kaltbruchprobe* unterworfen.

Folgende Zusammenstellung giebt Einsicht in die Art der Ausfertigung der technologischen Biegeproben.

Ausfertigung.

Kategorie C: Metalle: Technologische Biegeproben.

Auftraggeber: Aluminium-Industrie-Gesellschaft; Neuhausen.
Gegenstand: Aluminiumbronze-Blech No. I.
Eingang der Prüfungsgegenstände: —
Ausführung der Untersuchung: Im Monat Mai 1895.

Lauf. No.	Bezeichnung des Probestabes	Abmessungen Breite b. cm	Abmessungen Dicke s. cm	Biegungs-Winkel α^0	Mittl. Krümmungs-Radius r cm	Biegungs-Koeff. $\varkappa$	Bemerkungen
			α. **Kaltbruchprobe.**				
1	4 I; Längsrichtung	5,00	1,18	180	0,580	100	Vollkommen intakt
2	2 I; Querrichtung	5,00	1,17	180	0,585	100	» »
			β. **Rotbruchprobe.**				
3	4 I; Längsrichtung	5,00	1,16	180	0,580	100	Vollkommen intakt
4	2 I; Querrichtung	5,00	1,16	180	0,580	100	» »
			γ **Härtebiegeprobe.**				
5	8 I; Längsrichtung	5,00	1,16	180	0,580	100	Vollkommen intakt
6	10 I; Querrichtung	5,00	1,17	180	0,585	100	» »

c. Die umfassende Zerreissprobe.

Zur Feststellung der Elasticitäts-, Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse des Aluminiums und seiner Legierungen auf Zug wurden aus unbeschädigten Endstücken der den Biegeproben unterworfenen Barren von 5,0 × 5,0 cm Querschnitt, bezw. aus den gelieferten Blechen in Flachstabform normale Zerreissproben von ca. 3,0 cm Breite bei ca. 1,5 cm Dicke (bei Blechen gleich der Blechdicke) herausgearbeitet. Die appretierte Schaftlänge der Probe betrug ca. 23 cm, die Stablänge ca. 42 cm. Fig. 3 giebt die Art der Entnahme der Versuchsstäbe aus den zur Prüfung eingelieferten Blechtafeln. Zur Anwendung kam die *Werder*-Maschine mit ihren bekannten Einrichtungen; die Köpfe der Probestäbe wurden nach *Bauschingers* Vorgang angefräst und mittelst stählerner Klemmbacken in der Maschine fixiert.

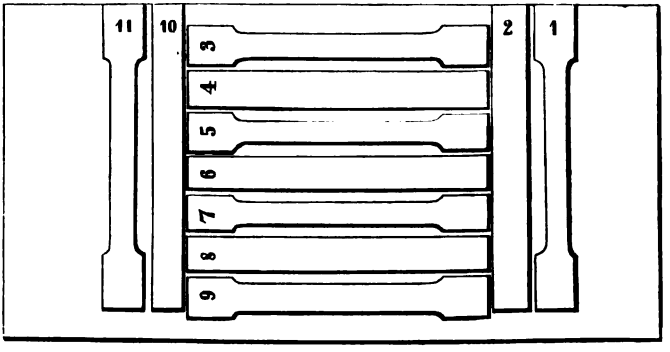


Fig. 3.

Zur Feststellung der Elasticitätsgrenze, der elastischen Dehnungsverhältnisse sowie der Streck- oder Fliessgrenze diente der *Bauschinger'*sche Spiegelapparat. Die Messung selbst nahm folgenden Verlauf:

Nach durchgeführter Kontrolle der Lage des Stabes in der Maschine und Prüfung des Instrumentes auf todten Gang, was durch eine mehrfache Belastung des Stabes zwischen der Anfangsspannung (0,25 bezw. 0,50 t) und einer obern Belastung geschah, die innerhalb der Elasticitätsgrenze lag, wurde die Proportionalitätsgrenze als Grenze der Proportionalität, sodann die Fliess- oder Streckgrenze, als der Beginn der relativ erheblichen, bleibenden Längenänderungen bestimmt. Von der Streckgrenze ab wurden die Probestäbe ohne Dehnungsmessungen allmählig steigenden Belastungen ausgesetzt bis die Kohäsionsgrenze erreicht war und Bruch eintrat. Die Ablesung der Dehnungsmasse erfolgt Fall für Fall ca. 15 Sekunden nach dem Einspielen der Luftblase der Libelle am Wagebalken. Jenseits der Streckgrenze konnte auf eine bestimmte Dauer der Ruhepause zwischen zwei Laststufen keine Rücksicht genommen werden; es wurde vielmehr weiter belastet, nachdem die Libelle des Wagebalkens vollkommen einspielte.

Zu vorstehenden Erklärungen bemerken wir, dass die Bestimmung der Lage der Proportionalitätsgrenze oft Schwierigkeiten und Unsicherheiten bot. Auch die Bestimmung der Lage der Streckgrenze war unsicher, oft nicht möglich, weil das Aluminium und seine Legierungen nach dem Überschreiten der Elasticitäts- oder Proportionalitätsgrenze keine plötzlich

eintretende Zustandsänderungen zeigen, wie dies den meisten Flusseisensorten eigen ist. Von der Proportionalitätsgrenze ab nimmt die Begrenzung des Diagramms der Zugfestigkeit einen gesetzmässigen, parabolischen Verlauf meist ohne jegliche, sprungweise Zustandsänderungen. Die Berechnung der Versuchsergebnisse geschah in üblicher Weise nach den Formeln:

$$\gamma = \frac{G}{F}; \quad \sigma = \frac{S}{F}; \quad \beta = \frac{B}{F} \text{ t/cm}^2$$

worin beziehungsweise

G, S und B, die Grenzkraft, die Streckkraft, die Bruchkraft (die grösste Tragkraft) in t, und

F den Stabquerschnitt in cm^2 bedeutet.

Der Elasticitätsmodul wurde für eine Laststufe P = 1,0 t und der korrespondierenden, mittleren Dehnung Δl aus:

$$\varepsilon = \frac{P \cdot l}{F \cdot \Delta l}$$

berechnet.

Zur Berechnung der prozentualen Einschnürung der Bruchstelle (Kontraktion) diente der Ausdruck

$$\varphi = 100 \frac{F - F_c}{F}$$

worin F_c der Inhalt des Bruchquerschnitts bedeutet. Weil dieser ähnlich dem Flusseisen, oft ausgesprochen bikonkav ausfällt, wurde sein Inhalt nach der Simpson'schen Formel:

$$F_c = \frac{b}{6} [a_1 + 4a_2 + a_3]$$

ermittelt.

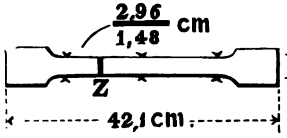
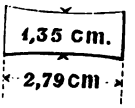
Bezüglich der Bestimmung des Dehnungsmasses ist nichts Bemerkenswertes beizufügen; sie geschah in der nunmehr allgemein üblichen Weise nach den Vereinbarungen der internationalen Konferenzen (Bauschinger).

Der Arbeitskoeffizient

$$c = \beta \frac{\Delta l}{l} = \beta \frac{\lambda}{100}$$

stellt nach wie vor eine, der Deformationsarbeit der Kubik-Einheit des Stabmaterials angenähert proportionale Zahl dar, welche mit dem Völligkeitskoeffizienten (η für zähe Bronzsorten angenähert 0,9) zu multiplizieren wäre, um fragliche Deformationsarbeit zu geben.

Prot. No. 1.

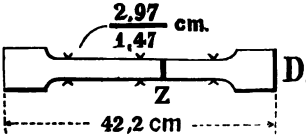
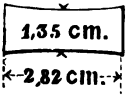
P in t.	Ursprünglich: Abmessungen b : c cm	Ursprünglich: Querschnitt F cm²	Dehnungen pro: l cm	Dehnungen pro: Δl cm : 1000	Differenz	Bemerkungen
						**Flachstab** sign.: G 11 D_3; Aluminiumbronze. **Beschaffenheit der Staboberfläche:** blank, fehlerfrei.
0,50	2,96 : 1,48	4,38	15,00	0,000		**Abmessungen der Bruchfläche:**
1,50				1,400	1,400	
0,50				+0,010		
1,50				1,395	1,385	$F_e = 3{,}77\ cm^2$
0,50				+0,010		
1,00				0,715	0,705	$\varphi = \frac{61}{4{,}38} = 13{,}9\ \%$
1,50				1,395	0,680	
2,00				2,095	0,700	
2,50				2,790	0,695	
3,00				3,490	0,700	
3,50				4,200	0,710	
	— Proportionalitätsgrenze —				0,765	
4,00				4,965	0,760	
4,50				5,725	0,940	
5,00				6,665	1,235	
5,50				7,900	1,915	
6,00				9,815	2,710	
6,50				12,525	5,500	
	— Streckgrenze —					
7,00				18,025		
	Skala passiert allmälig das Gesichtsfeld.					
17,70	t **Bruch.** Bruchstelle liegt bei Z.					

Mittlere, elastische Dehnung pro 1,0 t Belastung	.	$\Delta l =$ 0,0014 cm
Elasticitätsmodul	. .	$\varepsilon =$ 1223 t/cm²
Grenzmodul	. . .	$\gamma =$ 0,86 »
Streckgrenze	. . .	$\sigma =$ 1,54 »
Zugfestigkeit	. . .	$\beta =$ 4,05 »
Dehnung nach Bruch		
pro 10 cm	. . .	$\lambda_1 = 10{,}0\ \%$
pro 20 cm	. . .	$\lambda_2 = 9{,}2\ \%$
Kontraktion	. . .	$\varphi = 13{,}9\ \%$
Arbeitskoeffizient	. .	$c =$ 0,37 cm. t

Beschaffenheit der Bruchfläche: kristallinisch, spätig; ziemlich grobkörnig; fehlerfrei.

Beschaffenheit der Staboberfläche nach Bruch: gleichmässig, ziemlich feinwellig, intakt.

Prot No. 2.

P in t	Ursprünglich: Abmessungen b : c cm	Ursprünglich: Querschnitt F cm²	Dehnungen pro: l cm	Dehnungen pro: Δl cm : 1000	Differenz	Bemerkungen
						**Flachstab** sign.: G 11 D_4; Aluminiumbronze. **Beschaffenheit der Staboberfläche:** blank; fehlerfrei.
0,50	2,97 : 1,47	4,37	15,0	0,000		**Abmessungen der Bruchfläche:**
1,50				1,385	1,385	
0,50				− 0,100		
1,50				1,370	1,470	$F_e = 3{,}81$ cm²
0,50				− 0,100		
1,00				0,580	0,680	$\varphi = \frac{56}{4{,}37} = 12{,}8\,\%$
1,50				1,135	0,655	
2,00				1,830	0,695	
2,50				2,550	0,720	
3,00				3,280	0,730	
3,50				4,005	0,725	Mittlere, elastische Dehnung pro 1,0 t Belastung . Δl = 0,0014 cm
	— Proportionalitätsgrenze —				0,785	Elasticitätsmodul . . . ε = 1226 t/cm²
4,00				4,790		Grenzmodul . . . . γ = 0,86 »
4,50				5,650	0,860	Streckgrenze . . . σ = 1,60 »
5,00				6,710	1,060	Zugfestigkeit . . . β = 3,72 »
5,50				8,110	1,400	Dehnung nach Bruch
6,00				10,210	2,100	pro 10 cm . . . λ_1 = 8,5 %
6,50				13,750	3,540	pro 20 cm . . . λ_2 = 8,4 %
7,00	— Streckgrenze —			18,455	4,705	Kontraktion . . . φ = 12,8 %
	Skala beginnt sich allmälig stetig weiter zu bewegen.					Arbeitskoeffizient . . . c = 0,31 cm t
						Beschaffenheit der Bruchfläche: kristallinisch, spätig; grobkörnig, mit ziemlich grossen Kristallflächen; fehlerfrei.
						Beschaffenheit der Staboberfläche nach Bruch: gleichmässig; schwach grobwellig; intakt.
16,25	t **Bruch**; Bruchstelle liegt bei Z.					

Zusammenstellung der Resultate.

Mittelwerte aus 2 Bestimmungen.

8,8 %-ige *Aluminium-Bronze.*

Elasticitätsmodul der Zugfestigkeit	ε =	1225 t/cm²
Grenzmodul (Spannung a. d. Proportion.-Grenze) .	γ =	0,86 »
Streckgrenze	σ =	1,57 »
Zugfestigkeit	β =	3,89 »
Dehnung nach Bruch auf eine Messlänge von 10 cm	λ_1 =	9,3 %
» » » » 20 »	λ_2 =	8,8 »
Kontraktion	φ =	13,4 »
Arbeitskoeffizient	c =	0,34 für t u. cm

Bruchgefüge: kristallinisch spätig; grobkörnig mit ziemlich grosser Absonderungsfläche der Kristall-Individuen; fehlerfrei.

Oberflächenbeschaffenheit nach Bruch: wellig; intakt.

d. Die umfassende Druckprobe.

Zur Ermittlung der *Elasticität-* und *Druckfestigkeit* des Aluminiums und seiner Legierungen dienten blank abgeschlichtete Cylinder von ca. 4,0 cm Durchmesser und ca. 12,0 cm Länge, welche unversehrten Stellen der vorangehend den umfassenden Biegeproben unterworfenen Barren entnommen waren. Zur Anwendung kam der Druckapparat der *Werder*-Maschine mit seinen bekannten Einrichtungen. Die Versuchskörper wurden zunächst centrisch zwischen die beweglichen Druckplatten des Apparates eingespannt und innerhalb der Elasticitätsgrenze zwischen 2 beliebig gewählten Grenzen einigen, wiederholten Anstrengungen ausgesetzt, bis die Überzeugung gewonnen war, dass der als Messapparat benützte, Bauschinger'sche *Spiegelapparat* frei vor todtem Gang funktionierte und der Vesuchskörper gleichmässig belastet erschien. Nun wurden die Stellschrauben des Druckapparates angezogen, die Belastung auf die Anfangsspannung = 1,0 t ermässigt und die eigentliche Messung angetreten, über deren Verlauf die folgenden Protokollausfertigungen nähere Aufschlüsse erteilen. Man ersieht aus diesen Protokollen, dass nach überschreiten der Proportionalitätsgrenze der Beginn der erheblichen, bleibenden Formänderung als *Stauchbeginn* bestimmt, hierauf der Messapparat entfernt, die Belastung sodann allmählig soweit gesteigert wurde, bis die Wage des Apparates,

sei es zufolge fassförmiger Breitung, sei es zufolge S-förmiger Formänderung des Probekörpers sank. Die Bestimmung des Kohäsionsverlustes durch Ermittlung des Momentes des Eintritts einer ausgesprochenen Zustandsänderung (Übergang in den Zustand plastischer Deformabilität) sollte an besondern, cylindrischen Probekörpern von ca. 3,0 cm Dicke und Höhe ähnlich ausgeführt werden, wie dies früher schon am schmiedbaren Eisen geschah, vergl. das IV. Heft der offiziellen Mitteilungen, S. 53 u. f. Der hiezu verwendete Messapparat, dessen Konstruktion als bekannt vorausgesetzt werden kann, gestattet mittelst Mikrometerschraube $^1/_{100}$ mm abzulesen, was genügt, um etwelche Zustandsänderungen des Materials jenseits der Stauchgrenze (Stauchbeginn) konstatieren zu können, die als Kohäsionsgrenze aufgefasst, zur Bestimmung der gesuchten *Druckfestigkeit* des Materials führen kann, soferne der Übergang in den Zustand der plastischen Deformabilität (das Analogon zum Eintritt des Moments des Zerfliessens zäher Materialien; Moment des Eintritts der Kontraktionserscheinungen) hinreichend ausgeprägt erfolgt. Beim Reinaluminium, wie beim Reinkupfer bezw. bei den Aluminium-Bronzen führten diese Versuche zu keinem brauchbaren Resultat. Wir mussten uns begnügen die Druckversuche an den kleinen cylindrischen Probekörpern einfach bis zum Bruch oder bis zum Eintritte des Sinkens der Wage bezw. bis zur Grenze der Tragkraft (120 t) der verfügbaren Maschine zu belasten und das erreichte Stauchungsmass zahlenmässig auszuweisen; vergl. S. 40.

P in t	Ursprünglich Abmessungen d cm	Ursprünglich Querschnitt F cm²	Dehnung pro l cm	Dehnung pro Δl cm : 1000	Diff.
	3,99 / 12,0				
0,00	3,99	12,50	10,00	—	
1,00				0,00	
2,50				1,10	1,10
1,00				0,00	
2,50				1,08	1,08
3,00				1,43	0,35
4,00				2,15	0,77
5,00				2,90	0,75
6,00				3,63	0,73
7,00				4,37	0,74
8,00				5,10	0,73
9,00				5,83	0,73
10,00				6,57	0,74
	— **Proportionalitätsgrenze** —				
11,00				7,32	0,75
12,00				8,09	0,77
13,00				8,90	0,81
14,00				9,75	0,85
15,00				10,70	0,95
16,00				11,69	0,99
17,00				12,82	1,13
18,00				14,22	1,40
19,00				15,95	1,73
20,00				18,05	2,10
1,00				+4,12	
21,00	— **Stauchgrenze** (unsicher) —				

Bei **70** t beginnt das Prüfungsobjekt sich fassförmig zu breiten; es wird vollkommen intakt ausrangiert.

Rundstab sign.: G_2 C: entnommen einem gegossenem Barren No. 2.

Beschaffenheit der Staboberfläche: blank, fehlerfrei.

Mittlere, elastische Verkürzung pro 1,0 t Belastung . $\Delta l = 0{,}00073$ cm

Elasticitätsmodul . . . $\varepsilon = 1096$ t p. cm²

Grenzmodul . . . . $\gamma = 0{,}84$ »

Stauchgrenze (unsicher) . $\sigma = 1{,}68$ »

P in t	Ursprünglich: Abmessungen d cm	Ursprünglich: Querschnitt F cm	Dehnungen pro: l cm	Dehnungen pro: Δl cm : 1000	Diff.
	3,99 / 12,0				
0,00	3,99	12,50	10,00	—	
1,00				0,00	
					1,20
2,50				1,20	
1,00				0,00	
					1,19
2,50				1,19	
					0,41
3,00				1,60	
					0,41
3,50				2,01	
					0,41
4,00				2,42	
					0,45
4,50				2,87	
					0,42
5,00				3,29	
					0,91
6,00				4,20	
	— **Proportionalitätsgrenze** —				1,00
7,00				5,20	
					1,19
8,00				6,39	
					1,57
9,00				7,96	
					2,56
10,00				10,52	
1,00				+3,32	
12,00	— **Stauchgrenze** (unsicher) —				

Bei **13** t beginnt das Prüfungsobjekt sich fassförmig zu breiten; es wird vollkommen intakt ausrangiert.

Bemerkungen

Rundstab sign.: G_9 C; entnommen einem gegossenen Barren No. 9.

Beschaffenheit der Staboberfläche: blank, fehlerfrei.

Mittlere, elastische Verkürzung pro 1,0 t Belastung . $\Delta l = 0{,}00082$ cm

Elasticitätsmodul . . . $\varepsilon = 973$ t p. cm²

Grenzmodul . . . $\gamma = 0{,}48$ »

Stauchgrenze (unsicher) . $\sigma = 0{,}96$ »

Resultate der Druckproben.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Bezeichnung der Probe	Abmessungen in cm		Querschnittsfläche	Stauchung		Inanspruchnahme am Schlusse des Versuches		Bemerkungen
		Dicke	Höhe	cm²	absolut	in %	absolut t	t/cm²	
1	G2 C 7	2,98	2,96	6,97	0,77	26,0	77,8	11,17	Wage sinkt, Versuchsobjekt fassförmig gestaucht, intakt ausrangiert.
2	» 8	2,99	2,97	7,02	0,77	25,9	77,9	11,10	
				Mittel:	0,77	26,0	77,9	11,14	
3	G9 C 7	2,99	2,98	7,02	1,52	51,0	120,0	17,10	Probekörper wird bei 120 t Belastung bei starkwelliger Oberfläche vollkommen intakt ausrangiert.
4	» 8	2,99	2,97	7,02	1,48	49,8	120,0	17,10	
				Mittel:	1,50	50,4	120,0	17,10	

e. Die Scherprobe.

Zur Ermittlung der Scherfestigkeit des Aluminiums und seiner Legierungen wurden aus guten Endstücken der Eingangs angeführten ca. 5,0 × 5,0 cm starken, vorangehend auf statische Biegungsfestigkeit geprüfte Barren ca. 9,0 cm lange Cylinder herausgedreht, deren Durchmesser entsprechend der Lochweite des Werkzeugs unseres Scherapparates im Mittel ca. 2,05 cm betrug.

Der Scherapparat unserer Anstalt besteht im wesentlichen aus einer zwischen Doppellaschen geführten, gelochten schmiedeisernen Platte, die zur Aufnahme eines massigen, durch Stellschrauben fixierten ringförmigen Schneidzeuges dient. Die Dicke dieser Platte beträgt ca. 2,5 cm. Die äusseren Laschen sind ebenfalls gelocht und zur Aufnahme der beiden Seitenstücke des stählernen und gehärteten Werkzeugs eingerichtet. Letztere schleifen auf dem ringförmigen Mittelstücke und sind mit je 3 Schrauben gegen seitliche Ausweichung gesichert. Die Bohrung des speziell zu vorliegenden Scherproben benützten Werkzeuges misst 2,05 cm im Lichten. Die Probekörper wurden auf ca. 2,1 cm Stärke abgedreht, hierauf mittelst Schlichtfeile (auf der Drehbank) satt in die Bohrung des Schneidzeuges eingepasst.

Dessen ungeachtet waren kleine Verbiegungen unvermeidlich, ein Umstand, der die eigenartigen Brucherscheinungen der hoch aluminiumhaltigen Legierungen erklärt.

f. Die umfassende Torsionsprobe.

Bericht des Herrn Prof. *J. Bauschinger*, weil. Vorsteher des mech.-techn. Laboratoriums der techn. Hochschule München, vom 12. Juli 1890.

Die mir zur Prüfung auf Elasticität- und Torsionsfestigkeit eingelieferten Barren aus Aluminium und Aluminiumbronze von 5,0 × 5,0 cm Querschnitt und ca. 140 cm Länge wurden zunächst auf einer Hobelmaschine in je 2 gleiche Teile von ca. 70 cm Länge zerlegt.

Die Prüfung der so gewonnenen Vierkantwellen auf Torsion wurde mit dem bekannten, hiefür konstruierten Apparat der Werdermaschine, jedoch nach einigen Abänderungen desselben, vorgenommen. Die Resultate dieser Versuche sind in den 42 Tabellen niedergelegt, vergl. die Protokollausfertigung auf S. 48 u. f., welche in der Reihenfolge nummeriert sind, in welcher die Versuche angestellt worden sind, und zu deren Verständnis folgende Erläuterungen dienen können:

Die erwähnten Abänderungen des Werder'schen Torsionsapparates sind folgende:

1. Der Wagen, welcher mittelst zweier starker Zugstangen an das Ende des Torsionshebels angeschoben wird, wurde beseitigt und statt dessen ein sektorenförmiges Gussstück am Hebel befestigt, um welches sich ein Draht- (beim ersten Versuch ein Hanf-) Gurt legte, dessen Anfang auf jedem Sektor und dessen Ende an dem gusseisernen Querstück der Maschine befestigt war, welcher von der hydraulischen Presse bewegt wird. Der Radius des Sektors betrug 51,0 cm, die Gesamtdicke des doppelt liegenden Drahtgurtes 1,0 cm (2,2 cm beim Hanfgurt), so dass 51,5 cm (52,1 cm) die konstant bleibende Grösse des Armes war, an welchem die an der Wage gemessene Kraft wirkte.

2. Diese Kraft hat ausser der Torsion der zu prüfenden Welle auch die Reibung an dem Zapfen zu überwinden, in dem die Welle auf der Hebelseite gelagert ist.

Diese Reibung wurde folgendermassen bestimmt:

Nachdem die Libellenblase der Wage mit der auf die Wagschale gelegten Belastung zur Ruhe gekommen war, wurde der Lufthahn der hydraulischen Presse geöffnet und an einem, auf dem Hebel befestigten Fernrohre, das auf eine feststehende Skala zeigte, der Moment beobachtet, wo der Hebel anfing rückwärts zu gehen. Dazu musste er offenbar um den doppelten Betrag der Reibung entlastet worden sein. Um diesen zu messen wurden auf die Wagschale der Kontrollwage der Werder'schen Maschine rasch so viel Gewichte aufgelegt, bis die Libellenblase der Hauptwage wieder einspielte. Jedes kg dieser Gewichte drückt gegen die Schneide der Hauptwage mit 10 kg oder 0,01 t und entspricht also einer Reibung von 0,005 t am Hebelarm von 51,5 cm. Die so erhaltenen Gewichte sind in Spalte 4 der Tabellen vorgetragen. Um die damit in der zweiten Spalte enthaltenen Zahlen zu korrigieren sind sie mit zwei zu dividieren, durch Division mit 100 in Tonnen zu verwandeln und dann von den Zahlen der ersten Spalte abzuziehen. Die Differenzen werden noch mit 1,03 multipliziert und dadurch die Belastungen, welche die Torsion hervorbringen, auf den Hebelarm von 50 cm reduziert. Diese Zahlen sind in Spalte 7 vorgetragen. Für die Zwischenbelastungen, für welche die Reibung nicht bestimmt war, wurde sie interpoliert.

Die in Spalte 4 stehenden Ziffern zeigen, wie die Reibung meistens rasch mit der Belastung wächst und einen sehr beträchtlichen Wert erreicht, wie sie manchmal aber auch gar nicht zu- ja hie und da sogar wieder abnimmt. Man muss bei Beurteilung dieser Zahlen wohl im Auge behalten, dass die Reibung nicht bloss von der Belastung am Hebel, sondern auch, namentlich bei bereits erzielten Grösse der Torsion, von Verspannungen der Welle infolge Verkrümmung derselben herrührt.

3. Für die feinern Messungen, wie sie innerhalb und bis etwas über die Elasticitätsgrenze angestellt wurden, und bei denen die Verwindung mittelst der Fernrohre (Spalte 5) gemessen wurde, erschien mir dieses Verfahren doch nicht genau genug. Ich beseitigte daher die Reibung, wenigstens nahezu, vollständig dadurch, dass ich für diesen Teil des Versuches die zu prüfende Welle auf der Hebelseite in einem starken Römer, statt in einem Zapfen, lagerte und den Hebel dabei am Laufkrahnen aufhing. Diese Vorrichtung wurde jedoch erst vom 7. Versuche an angewandt.

Die Reibung am Anfang, bei der Belastung Null des Hebels, wurde bei manchen Versuchen dadurch bestimmt, dass man auf die Wagschale der Hauptwage soviel Gewichte legte, dass die Blase der Libelle im Vorrücken des Hebels bei *gelöstem Sperrad* eben spielte. Da jedoch diese Zahlen für den weitern Verlauf der Versuche und die Berechnung derselben keine Bedeutung haben, so wurde ihre Bestimmung meistens unterlassen. Die Verwindung wurde innerhalb der Elasticitäts-Grenze und etwas über dieselbe hinaus mittelst zweier Fernrohre gemessen, die an Rahmen befestigt waren, welche in 40 cm Entfernung voneinander auf die Welle geklemmt wurden. Diese Fernrohre zeigten auf gerade Skalen, die sich in einer Entfernung von 343,8 cm von der Axe der zu prüfenden Welle befanden und in Doppelmillimeter geteilt sind. Jeder Doppelmillimeter derselben hat also den Wert von $^1/_8$ Grad (die Entfernung der Skalen ist gegen ihre Länge gross genug, dass die Tangente mit dem Bogen vertauscht werden darf). Die Differenz der Ablesungen in beiden Fernrohren gibt also, in Doppelcentimetern abgelesen, die Verwindung der Welle für eine Länge von 40 cm in $^1/_8$ Graden (Spalte 5). Da in den Fernrohren noch $^1/_{10}$ Doppelmillimeter geschätzt werden kann, so ist die Messung also bis auf $^1/_{80}{}^0$ genau (0,01 Doppelcentimeter). Da diese Art der Messung bei Annäherug an den Bruch für den Beobachter gefährlich werden kann und es für die Bestimmung der gesammten Torsionsarbeit notwendig war, die Verwindung bis zum Bruche zu verfolgen und zu messen, so wurde im weiteren Verlaufe dieser Messungen folgende Vorrichtung gebraucht: Zwei Rahmen waren in 50 cm Entfernung voneinander auf die Welle geklemmt und an jedem derselben ein Zeiger aus Holz mit einem Papierpfeil an der Spitze befestigt, der auf eine Kreissektorenskala mit 171,9 cm Radius zeigte. Dieselbe war in cm geteilt und konnte $^1/_{10}$ cm von einem seitwärts ziemlich entfernt stehenden Beobachter abgelesen werden. Die Differenz der Ablesungen beider Zeiger gibt also in cm abgelesen, die Verwindung der Welle auf 50 cm Länge in $^1/_8$ Graden und also, da $^1/_{10}$ cm geschätzt werden, bis auf $^1/_{80}$ Grad genau (Spalte 6).

Der Torsionshebel der Werder'schen Vorrichtung gestattet nur eine Verdrehung um ca. 30^0 ($^{100}/_3$ Grade). Es muss dann mit der Belastung auf Null gegangen, die bleibende Verwindung

abgelesen und der Hebel nach Lösung des Sperrades mit der ganzen Probewelle zurück gedreht werden. Man ersieht diese Vorgänge aus den Zahlen in den Spalten 2 und 6 deutlich genug. Natürlich müssen die folgenden Verwindungen immer zur vorausgegangenen bleibenden addiert werden, um die Gesamtverwindung zu bekommen. Diese ist in Spalte 8 der Tabelle enthalten. Dabei wurden die mit den Fernrohren auf 40 cm Länge gemessenen Verwindungen zunächst durch Multiplikation mit $^5/_4$ auf die Länge von 50 cm reduziert. Ausserdem wurden bei solchen Wellen, deren Querschnitt nicht genau 5,0 × 5,0 cm betrug, die Verdrehungen für diesen Querschnitt mittelst folgender Formel berechnet:

Ist ε_s der Schubelasticitätsmodul des Materials, I_p das polare Trägheitsmoment und F der Flächeninhalt des Querschnitts, k aber eine Konstante, so ist bekanntlich der Verdrehungswinkel, welcher durch das Moment M hervorgebracht wird,

$$\delta = k \frac{M}{\varepsilon_s} \frac{I_p}{F^4}$$

und bei einer Welle aus dem gleichen Material aber dem Trägheitsmoment I_p' und dem Flächeninhalt F' des Querschnitts:

$$\delta_0 = k \frac{M}{\varepsilon_s} \frac{I_p'}{F'^4}$$

woraus

$$\delta_0 = \frac{I_p'}{I_p} \frac{F^4}{F'^4} \delta$$

oder bei den Seiten 5,00 × 5,00 cm des Querschnitts F' und den Seiten a, b des Querschnitts F

$$\delta_0 = \frac{2\,(a\,b)^3}{5^4\,(a^2 + b^2)} \delta$$

Diese Formel gilt allerdings nur innerhalb der Elasticitätsgrenze aber für geringe Unterschiede der Querschnitt F und F' mag sie auch darüber hinaus angewandt werden, um eine direkte Vergleichung der Resultate der verschiedenen Tabellen zu ermöglichen.

Der Reduktionsfaktor

$$\frac{2\,(a\,b)^3}{5^4\,(a^2 + b^2)}$$

ist am Anfang der Spalte 8 eingeschrieben.

Um die Torsionsarbeit für irgend eine Verdrehung und bis zum Bruche zu berechnen, habe ich mir das Diagramm, welches man aus den Zahlen der Spalte 7 als Ordinaten und denen der Spalte 8 als Abscissen zeichnen kann, durch Ordinaten geteilt gedacht, welche um die in Spalte 9 eingetragenen Abscissen-Differenzen voneinander entfernt sind und die so erhaltenen Teile als Trapeze berechnet, deren Parallelseiten die begrenzenden Ordinaten und deren Höhen die Differenzen in Spalte 9 sind. Bezeichnet dann für ein solches Intervall R das arithmetische Mittel aus jenen Ordinaten, also die mittlere verwindende Kraft in Tonnen, am Hebelarm von 50 cm wirkend und α die Verwindung, ausgedrückt in $^1/_3$ Graden bei 5,0 × 5,0 cm Querschnitt und 50 cm Länge also der Differenzen in Spalte 9, so ist die in diesem Intervall geleistete Arbeit

$$A = 1000\,R \cdot \frac{2 \cdot 50\,\pi}{360} \cdot \frac{\alpha}{3}\,kg\,cm = \frac{1000}{1080}\,\pi\,R\alpha\,kgm$$
$$= 2{,}909\,R\alpha\,kgm.$$

Die so berechneten Zahlen sind in Spalte 10 der Tabellen 1—28 für die einzelnen Intervalle eingetragen und in Spalte 11 zu einander summiert; in den Tabellen 29—42 wurde so nur mit den Zahlen $P\alpha$ verfahren, welche nur mit der Konstanten 2,909 multipliziert zu werden brauchen, um die Arbeit in kgm zu liefern.

Die Elasticitätsgrenze wurde aus den Differenzen in Spalte 8 als Proportionalitätsgrenze bestimmt und durch einen Strich unter oder zwischen den betreffenden Belastungen in Spalte 7 angedeutet. Aus diesen ergiebt sich dann durch Multiplikation mit 1000 × 0,5 das Torsionsmoment an der Elasticitätsgrenze in mkg und die Maximalschubspannung in einem Querschnitt an der Elasticitätsgrenze aus der Formel:

$$\tau_e = 0{,}75\,\frac{M}{J_p}\,c = 0{,}75\,\frac{1000\,P \cdot 50}{^1/_{12}\ 5^4} \cdot \frac{5}{2} = 1800\,P\,kg/cm^2$$

und der Schub-Elasticitätsmodul innerhalb der Elasticitätsgrenze

$$\varepsilon_s = 42{,}68\,\frac{M}{\alpha:3} \cdot \frac{I_p}{F^4} \cdot l \cdot \frac{360}{2\,\pi} = 42{,}68\,\frac{1000\,P \cdot 50}{\alpha:3} \cdot \frac{^1/_6 \cdot 5^4}{5^8} \cdot$$
$$\cdot\ 50\,\frac{360}{2\,\pi} = 4'891000\,\frac{P}{\alpha}\,kg/cm^2$$

wo M das Torsionsmoment und P die am Hebelarm von 50 cm

wirkende Kraft an der Elasticitätsgrenze und α die Verdrehung an derselben in $^1/_8$ Graden bezeichnet, die übrigen Buchstaben aber die schon bekannten Bedeutungen haben.

Die so berechneten Zahlen sind am Ende jeder Tabelle angeführt. Die übrigen an dieser Stelle angegebenen Zahlen sind unmittelbar der betreffenden Tabelle entnommen oder auf gleiche Weise daraus berechnet. Die wichtigsten davon sind in 2 Übersichten zusammengestellt.

Bei den meisten der 7 ersten Versuche zeigte es sich, dass die ungebrochenen Kanten der Einspannbüchsen einen Einfluss auf die Bruchbelastung ausübten, indem sich dort die Versuchswelle bei stärkerer Verwindung scharf abbiegen und dadurch etwas früher brechen musste. Diese Kanten wurden daher beim 8. und 9. Versuche etwas abgerundet und dann beim 10. bis 13. Versuche die Bleche, welche, zum Verkeilen der Wellen in den Büchsen dienten nicht mehr von vornen, sondern von rückwärts eingeschoben und vorn zugeschärft und an den Ecken abgerundet.

Da sich dieses alles noch nicht wirksam genug zeigte um den Einfluss der Einspannbüchsen zu beseitigen, so wurden vom 14. Versuche an die Ränder der quadratischen Höhlung der Einspannbüchse bis auf 2,5 cm Tiefe hinab soweit und nach einem solchen Profil a—b ausgefeilt, dass die Kanten der Versuchswelle der Verwindung ungehindert folgen konnten. Das half nun vollständig.

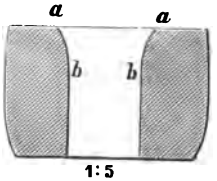


Fig. 4.

Um die Gestaltsveränderungen der Versuchswellen auch auf den Seitenflächen derselben sichtbar zu machen, wurden dieselben mit einem Netz von Längs- und Querlinien überzogen, erstere in Abständen von einem, letztere in Abständen von 10 cm von einander. Diese Linien wurden mit einer Reissnadel so fein und seicht eingerissen, dass ein Einfluss derselben auf den Bruch nicht befürchtet zu werden brauchte und bei den gegossenen Stücken auch nicht stattfand, ausgenommen vielleicht beim 3. Versuche, weshalb von diesem an die Längsteillinien so verteilt wurden, dass keine mehr in die Mitte der betreffenden Seitenfläche zu liegen kam. Freilich wurden sie bei stärkeren Verwindungen dieser Welle auch auf der rauh gewordenen

Oberfläche teilweise unsichtbar. Bei den gewalzten Stücken aber glaubte man doch bald einen Einfluss dieser Linien auf den Bruch erkennen zu können und liess sie daher ganz weg oder ersetzte sie durch feine Tintenstriche.

Da nach Überschreiten der Elasticitätsgrenze die Zeit von Einfluss ist auf die Grösse der Verwindung, welche eine gewisse Belastung hervorbringt, so wurde bei den Messungen innerhalb und bis etwas über die Elasticitätsgrenze hinaus, die mit den Fernrohren gemacht wurden, zwischen je 2 Ablesungen 3, beim Rückgang auf Null 2 und beim Wiedereinstellen auf die vorige Belastung 4 Minuten gewartet. Später, bei den Messungen mit den Zeigern, wurde nach Auflage jeder neuen Belastung so lange gewartet, bis die Libellenblase und die Zeiger nahezu zur Ruhe gekommen waren, wenn nicht schon früher wegen Hemmung des Hebels auf Null zurückgegangen werden musste. Alle diese Zwischenzeiten zwischen 2 Ablesungen sind in Minuten (') in der ersten Spalte der Tabellen angegeben.

Folgende Protokoll-Ausfertigung *Bauschingers* giebt einen genauen Einblick in die Art der Durchführung der vorstehend beschriebenen Torsionsversuche.

Vierkantwelle aus Aluminiumbronze, bezeichnet mit 11 B.

Barrenabschnitt a, auf Torsion geprüft.

Querschnitt: 5,05 × 5,01 cm; ganze Länge: 70,8 cm; Gewicht: 13,725; Spez. Gewicht: 7,66; Red.: $d_0 = 1{,}0249\ d$.

Zeit	Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung am Anfang Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung bei Belastg. Gewicht auf der Kontrolwage kg	Diff. der Ablesung an den Fernrohr. für 40 cm 1/30	Diff. der Ablesung an den Zeigern für 50 cm 1/30	Belastung am Hebelarm 50 cm t	Verwindung auf 50 cm Länge red. a. d. Querschn. 5×5 cm 1/30	Diff.	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. für die Intervalle kgm	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. im Ganzen kgm	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0,00	0,000	0,00	0,00		0,000	0,00			0,000	
3'								1,22	0,180		
	0,10	»	»	0,95		0,100	1,22			0,180	
3'								1,04	0,463		
	0,20	»	»	1,77		0,200	2,26			0,643	
6'								1,13	0,838		
	0,30	»	»	2,65		0,310	3,39			1,481	
3'											
	0,40	»	»	3,54		0,410	4,53				
3'											
	0,00	»	»	0,05		0,000	0,06				
5'											
	0,10	»	»	1,03		0,100	1,32				
3'								1,09			
	0,20	»	»	1,88		0,200	2,41		1,184		
3'											
	0,30	»	»	2,70		0,310	3,46				
3'											
	0,40	»	»	3,54		0,410	4,53			2,670*)	
3'								1,41	1,90		
	0,50	»	»	4,64		0,515	5,94			4,570	
4'								2,26	3,73		
	0,60	»	»	6,40		0,620	8,20			8,300	
3'								3,26	6,39		
	0,70	»	»	8,95		0,720	11,46			14,690	
3'											
	0,80	»	»	13,90		0,830	17,80				
4'											
	0,00	»	»	6,01		0,000	7,70	5,44	12,03		
15h 8'											
	0,00	0,015	—		0,0	0,000	7,70				
5'											
	0,80	—	5,5		9,0	0,800	16,90			26,72	
	0,90				15,5	0,890	23,60	6,70	16,4	43,10	
								12,2	33,1		
	1,00		10,0		27,4	0,980	35,80			76,20	
								15,7	46,8		
	1,10				42,7	1,070	51,50			123,00	
15'								18,2	59,2		
	1,20		14,0		60,5	1,160	69,70			182,20	
								25,3	89,4		
	1,30				85,2	1,265	95,00			271,60	
	1,33		15,0		91,0	1,290	101,00				

*) 2,666 auf 2,670 aufgerundet.

Zeit	Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung am Anfang. Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung bei Belastg. Gewicht auf der Kontrolwage kg	Diff. der Ablesung an den Fernrohr. für 40 cm $^1/_{30}$	Diff. der Ablesung an den Zeigern für 50 cm $^1/_{30}$	Belastung am Hebelarm 50 cm t	Verwindung auf 50 cm Länge red. a. d. Querschn. 5×5 cm $^1/_{30}$	Diff.	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. für die Intervalle mkg	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. im Ganzen mkg	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0,00				70,6	0,000	80,1	27,1	100,7		
15'	0,00	0,02			0,0	0,000					
	1,33		15,0		41,0	1,290	122,1			372,3	
								19,9	76,6		
	1,40				60,4	1,360	142,0			448,9	
								32,6	133,5		
10'	1,50				92,2	1,460	174,6			582,4	
	1,52		17,0		97,3	1,480	179,8				
10'	0,00				73,1	0,000	155,0	22,8	97,4		
	0,00	0,02			0,0	0,000	155,0				
	1,52		17,0		41,4	1,480	197,4			679,8	
8'								29,3	129		
	1,60				70,0	1,560	226,7			808,8	
	1,65		18,5		88,0	1,600	245,2				
	0,00				61,5	0,000	218,0	43,4	199		
12'	0,00	0,02			0,0	0,000	218,0				
	1,65		19,0		50,8	1,600	270,1			1008	
								13,5	64		
5'	1,70				64,0	1,620	283,6			1072	
	1,78		20,0		95,0	1,730	315,4				
13'	0,00				65,9	0,000	285,5	62,4	307		
	0,00	0,02			0,0	0,000	285,5				
	1,78		20,0		59,0	1,730	346,0			1379	
								0,3	1,0		
12'	1,80				59,3	1,740	346,3			1380	
								38,6	19,7		
	1,90				97,0	1,830	384,9			1581	
	1,92		25,0		101,8	1,850	389,8				Es zeigt sich an einer Kante ein Einriss infolge eines Gussfehlers daselbst, nahe am Hebel.
1 h	0,00				70,5	0,000	357,8	42,0	225		
	0,00	0,02			0,0	0,000	357,8				
	1,92		24,0		67,4	1,860	426,9			1806	
12'	2,00		24,0		90,7	1,940	450,7				
	0,00										

Zeit	Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung am Anfang. Gewicht auf der Hauptwage t	Reibung bei Belastg. Gewicht auf der Kontrolwage kg	Diff. der Ablesung an den Fernrohr. für 40 cm $^1/_{3}{}^0$	Diff. der Ablesung an den Zeigern für 50 cm $^1/_{3}{}^0$	Belastung am Hebelarm 50 cm t	Verwindung auf 50 cm Länge red. a. d. Querschn. 5×5 cm $^1/_{3}{}^0$	Diff.	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. für die Intervalle mkg	Arbeit zur Verwindung einer Welle von 50 cm Länge, und 5×5 cm Querschn. im Ganzen mkg	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	0,00				57,7	0,00	416,9	71,4	394		
2h 18'	0,00	0,02			0,0	0,00	416,9				
5'	2,00		24,0		79,4	1,94	498,3	———		2200	
5'	2,06		24,0		97,1	2,00	516,4				
	0,00				62,2	0,00	480,7	56,3	322		
10'	0,00	0,02			0,0	0,00	480,7				
	2,06		23,5		72,1	2,00	554,6	———		2522	
4'	2,10				74,2	2,00	556,8	2,2	13	2535	
	2,15		24,0		100,6	2,09	583,8	———			
	0,00				64,5	0,00	546,8	67,9	408		
9'	0,00	0,03			0,0	0,00	546,8				
	2,15		24,0		76,0	2,09	624,7	———		2943	
4'	2,20				91,7	2,14	640,8	16,1	99	3042	
	2,23		24,0		97,0	2,17	646,2				
	0,00				58,5	0,00	606,7	53,1	336		
8'	0,00	0,03			0,0	0,00	606,7				
	2,23		24,5		85,1	2,17	693,9	———		3378	
	2,30		25,0		101,8	2,24	711,1				
6'	0,00				63,0	0,00	671,3	66,7	428		
	0,00	0,03			0,0	0,00	671,3				
2'	2,30				87,1	2,24	760,6	———		3806	Eben wieder erreicht, dann plötzl. Bruch an der vorhin bemerkten Fehlerstelle.

Mittlerer Elasticitätsmodul für Schub innerhalb der Elasticitätsgrenze: 440000 kg/cm².

Elasticitätsgrenze bei 400 kg am Hebelarm von 50 cm, oder beim Moment 205 mkg = 724 kg/cm² Maximal-Schubspannung. Verwindung an der Elasticitätsgrenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschnitt = 1,51 ^{0}. Arbeit zu dieser Verwindung: 2,666 mkg.

Bruchgrenze bei 2240 kg am Hebelarm von 50 cm, oder beim Moment 1120 mkg = 3980 kg/cm² Maximal-Schubspannung. Verwindung an der Bruchgrenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschnitt = 253,5 ^{0}. Arbeit zu dieser Verwindung: 3806 mkg.

g. Die Warm- und Kaltschmiedeproben.

Zur Prüfung der Schmiedbarkeit des Reinaluminiums und seiner Legierungen wurden Abschnitte der vorangehend den statischen Biegeproben unterworfenen Barren mit 5,0 × 5,0 cm Querschnitt verwendet. Die Entnahme dieser Abschnitte erfolgte aus jenen Barrenteilen, welche innerhalb der Fliessgrenze liegend, zu keinen anderen Festigkeitsversuchen Verwendung finden konnten. Die sämtlichen Abschnitte waren mehr oder weniger verbogen, ca. 10 bis 20 cm lang; sie wurden sortiert und je 2 Abschnitte des gleichen Barren zur *Kaltschmiede,* 2 weitere Abschnitte zur *Warmschmiedeprobe* verwendet.

Die Ausführung der Versuche fand unter Anleitung und im Beisein des Vorstandes der schweiz. Materialprüfungsanstalt in der Schmiede der Maschinenfabrik von EscherWyss & Cie. in Zürich durch einen geübten Schmied der Fabrik statt. Die Schmiedetemperatur wurde vom anwesenden Schmiedmeister der Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft Neuhausen Fall für Fall angegeben.

Zu fraglichen Schmiedeversuchen stellte die Maschinenfabrik von Escher Wyss & Cie. zwei Dampfhämmer zur Verfügung, nämlich einen schwereren, welcher lediglich zu den Kaltschmiedeproben, einen leichteren, kleinen, rasch arbeitenden Dampfhammer, welcher zu den Warmschmiede- und Ausbreite-Versuchen des Materials benützt wurde.

Die Kaltschmiedeproben wurden nach erfolgtem Geraderichten der Barrenabschnitte ohne weiteres durchgeführt und beschränkten sich die Versuche auf die Feststellung der Querschnittsabminderung und der Streckfähigkeit der Versuchskörper.

Die den Warmschmiedeproben unterworfenen Versuchskörper wurden in einem offenen mit Holzkohlen beschickten, mässig angeblasenem Herdfeuer langsam und vorsichtig angewärmt. Sobald das Stück eine mässig helle Rotglut (circa 750° C) erreichte, wurde dasselbe spitz ausgezogen oder abgeflacht d. h. ausgebreitet. Die Schmiedarbeit ist Fall für Fall beim Eintritt der dunkeln Kirschrotglut unterbrochen worden; die Probe erhielt eine zweite Hitze und wenn das Ausziehen oder Ausbreiten in der ersten Hitze einen befriedigenden Grad

Grad erreicht, wurde der Versuch als vollendet angesehen. Sämtliche Ausbreite-Versuche wurden in einer Hitze durchgeführt.

Die intakten Enden der Warmausbreite-Proben wurden auf Veranlassung des Unterfertigten in Neuhausen nochmals abgeschmiedet, gelocht, gespalten, von Hand spitz ausgezogen und in die Façon gebracht, wie sie die Abbildungen der beigehefteten Tafel zeigen.

h. Die Probe auf Lochbarkeit.

Zur gründlichen Prüfung der Einflüsse der beiden hauptsächlichsten Lochungsmethoden, des *Bohrens* und *Stanzens* auf die Aluminium-Bronze reichte das vorhandene Versuchsmaterial nicht aus. Verwendet werden konnten überhaupt bloss die verfügbaren Abschnitte der Blechsorten (No. I, II u. III), die zur Prüfung auf Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse eingeliefert wurden. Unberührt ist daher die Frage der Einflüsse der Form des Werkzeugs, der Lochweite sowie der Grösse der Lochnaht (Verhältniss der Lochnaht zur Lochweite) auf die Festigkeitsverhältnisse des gelochten Materials. Auch der Einfluss des Stanzens konnte bloss bei einer Versuchsreihe durchgeführt werden, indem der Schwerpunkt der Untersuchung auf die Änderung der Festigkeitsverhältnisse des Materials durch das *Bohren,* also auf diejenige Lochungsart verlegt wurde, welche bei der Verwendung des Materials in erster Linie in Betracht fällt.

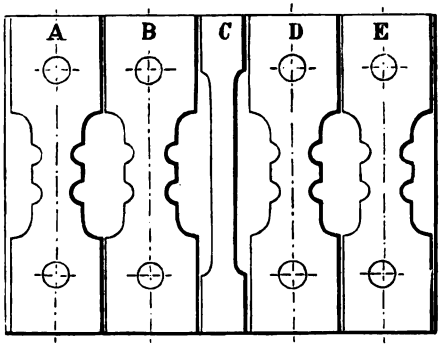


Fig. 5.

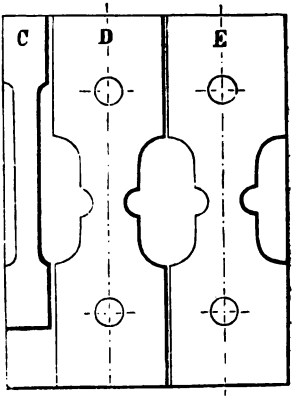


Fig. 6.

Die Entnahme und Zurichtung der Probekörper geschah nach Anleitung besonderer Vorschriften und an Hand eingelieferter

Zeichnungen in der schweiz. *Lokomotivfabrik* in Winterthur. In Fig. 5 und 6 geben wir die Form der Probekörper wieder und bezüglich der gewählten Verhältnisse und Art der Bearbeitung dienen folgende Mitteilungen:

ad 1. Aus jedem der zur Vornahme von Lochungsproben bestimmten Blechabschnitte wurden neben einer Qualitätsprobe des Materials, also neben einer Zerreissprobe in ungelochtem Zustande, mindestens 2 bezw. 4 gelochte Zerreissproben nach Anleitung von Fig. 5 und 6 kalt herausgearbeitet.

ad. 2. Die Lochung geschah in allen Fällen durch Bohren; bei Blechsorte II mit c. 1,4 cm überdies durch Stanzen. Bei den Blechsorten I und II (mit 1,2 bezw. 1,4 cm Dicke) wurden die Probekörper zufolge eines Versehens der Werkstätte, zweireihig gestanzt (vergl. Fig. 5).

ad. 3. Das Lochen geschah vor dem Zerlegen der Blechabschnitte in Probestreifen. Gewählt waren hierbei:

bei der *Blechsorte:*	I.	II.	III.
mit einer nominellen *Dicke* von:	1,2 cm;	1,4 cm;	1,6 cm;
der *Lochdurchmesser* zu:	ca. 2,4 » ;	ca. 2,8 » ;	ca. 3,1 » ;
die *Lochnaht* zu . . :	ca. 3,6 » ;	ca. 4,2 » ;	ca. 4,6 » ;

das Verhältnis der Lochnaht zum Lochdurchmesser war konstant und betrug somit ca. 1,5.

ad. 4. Beim Herausschneiden der Probekörper blieb die Anwendung der *Schere* ausgeschlossen.

ad. 5. Nach erfolgter Lochung der Blechabschnitte war eine Nachappretur der Lochwandung untersagt; dieselben durften somit weder nachgeputzt noch nachgerieben werden.

Bei Ausführung der Versuche kam die *Werder*-Maschine zur Anwendung. Die gelochten Versuchsobjekte wurden auf Bolzen centrisch in die Axe der Maschine eingelegt und zerrissen.

i. Die Abnützungs-Versuche.

Obschon wir derzeit über eine zuverlässige Methode zur zahlenmässigen Bestimmung der Widerstandsfähigkeit eines Metalles gegen Verschleiss durch mechanische Abnützung nicht verfügen, schien es dennoch unerlässlich, gelegentlich der Prüfung der mechanischen Eigenschaften des Aluminiums und seiner

Legierungen auch der Frage der Widerstandsfähigkeit dieser Metalle gegen Abnützung experimentell näher zu treten. Hierbei war leitender Gedanke das Bestreben, Aufschluss zu erhalten über 2 Fragen allgemeiner Natur, nämlich:

a. Sind überhaupt Aluminium-Legierungen zur Herstellung von Maschinenbestandteilen verwendbar, bei welchen in erster Linie die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnützung in Betracht fällt?

b. Welche Sorten von Legierungen fallen hier hauptsächlich in Betracht?

Die Ergebnisse unserer Abnützungsversuche nehmen für sich lediglich den Wert von Näherungswerten in Anspruch; sie sind nicht einwurfsfrei, wie überhaupt die Methode und die verwendeten Hülfsmittel als ein Versuch zur Lösung des Problems der Bestimmung der Widerstandsfähigkeit der Metalle gegen Verschleiss durch mechanische Abnützung anzusehen sind.

Vorliegende Versuche wurden auf einem, von Herrn Prof. *Rud. Escher,* konstruierten Metallschleifapparat der schweiz. Materialprüfungsanstalt ausgeführt, welcher provisorisch im Wasserwerk der Stadt Zürich untergebracht war und der vermittelst eines Vorgeleges mit der ziemlich gleichmässig laufenden Haupttransmissionswelle des Wasserwerks verbunden werden konnte. Im wesentlichen besteht der fragliche Schleifapparat aus 2 auf einer hohlen Axe montierten gusseisernen Scheiben von 30 cm Durchmesser, die mittelst Riemenantrieb in eine raschere Umdrehung versetzt werden können. Die Übersetzungsverhältnisse der Riemenscheiben waren derart gewählt, dass jede Schleifscheibe in der Stunde einen Weg in km von

$$w = 0{,}5532\ n$$

zurückgelegt hatte, wenn n die in der Minute beobachtete Tourenzahl der Haupttransmission des Wasserwerkes bedeutet. Letztere wurde während jeder Arbeitsstunde in der Regel 3 mal, ausnahmsweise 4 mal gemessen und haben wir das gewonnene Mittel als massgebenden Durchschnitt in vorstehende Formel eingeführt. Dies Verfahren war statthaft, da wie erwähnt, die Haupttransmission des zürcherischen Wasserwerks nur ausnahmsweise und auch dann ganz unbedeutende Schwankungen zeigt.

Auf der Bodenplatte des Schleifapparates sitzen 2 Ständer, deren horizontale Verbindungsspindel die Drehaxe zweier Hebel bildet, welche zur Aufnahme der Probekörper eingerichtet sind und die durch Belastung ihrer Ende gestatten, die fraglichen Probekörper mit einem beliebigen spezifischen Druck gegen die Peripherie der rotierenden Arbeitsscheiben zu pressen.

Die Versuchskörper sind von prismatischer Grundform; es betrug bei einer Dicke von 1,5 cm ihre Breite 2,2 cm, ihre Länge 4,2 cm. Die obere Begrenzungsfläche der Schleifproben blieb eben; die untere wurde auf einer Drehbank entsprechend dem Durchmesser der Schleifscheibe abgedreht und auf diese aufgeschliffen.

Die Projektion der schleifenden Fläche betrug $2{,}2 \times 4{,}2 = 9{,}24$ cm², die Belastung der Hebel 7,7 kg, was bei einem Hebelverhältnisse 1 : 6 einer Pressung des Probekörpers gegen die rotierende Scheibe von 5,0 kg pro cm² der Projektionsfläche entspricht.

Die Mitte der Breitseiten der Probekörper war durchlocht und zur Aufnahme von Potot'schen, mit 50 gr Vogeldunst belasteten Schmierbüchsen eingerichtet. Behufs gleichmässiger Schmierung der Arbeitsflächen wurden die Reibungsflächen der Probekörper mit 2 kongruenten, bezüglich dem Schmierloch radial angeordneten, 2,0 mm weiten und 11,0 mm langen Schmierkanälen versehen.

Als Schmiermittel diente konsistentes Gasmotorenfett, welches mit $^1/_5$ Raumteilen Rüböl verdünnt worden war. Dessenungeachtet war das Schmiermaterial noch zu steif und man musste von Hand nachschmieren, um namentlich bei den weichen Aluminiumlösungen ein Warmlaufen zu verhüten.

Die Probekörper wurden zunächst in blinden Versuchen so lange auf den rotierenden Scheiben belassen, bis sie vollkommen aufgeschliffen erschienen. Bei diesen Vorversuchen stellte sich bereits die Notwendigkeit heraus, von Hand nachzuschmieren, sollte das Warmlaufen bei gewissen Legierungen vermieden werden. Die ganz weichen Sorten haben hier schon sehr zweifelhaftes Verhalten gezeigt; die weichste Bronze-Sorte, No. 9 mit 4,6 % Al. und 1,98 % Si., musste wegen starker Breitung des Metalls, das wir als »Schmieren« bezeichnen wollen und wegen unvermeidlichem Warmlaufens überhaupt ausrangiert werden.

Die Schleifversuche wurden schliesslich folgendermassen durchgeführt:

Die zunächst mit Benzin, sodann in absolutem Alkohol gereinigten Probekörper wurden getrocknet, gewogen und vermittelst kleiner Zäpfchen in entsprechenden Nuthen der Hebel des Schleifapparates beweglich eingelegt. Hierauf ist der Apparat in Bewegung gesetzt worden. Nach 30 Minuten wurde derselbe stille gestellt, die Probekörper der Hebel gewechselt und der Apparat weitere 30 Minuten laufen gelassen. Nach Verlauf einer Stunde wurden die Probekörper aus dem Apparat genommen und durch zwei andere ersetzt. War auf diese Weise die vorliegende Serie der »gegossenen« Aluminiumlegierungen durchgeschliffen, so folgte eine zweite und endlich eine dritte Tour von je einer Stunde Schleifens der Probekörper. Schliesslich wurden die Probekörper abermals gereinigt, getrocknet und zurückgewogen. Der Gewichtsverlust in Verbindung mit dem Schmiermaterialaufwand sollte die Wertfaktoren des Materials abgeben. Leider war es unmöglich, den Schmiermaterialaufwand ganz genau zu erheben, dagegen wurden vergleichswillen 2 verschiedene Lagerkompositionen, nämlich die eine bezeichnet mit N. O. B., die andere mit W. W. aus dem Handel bezogen und den nämlichen Schleifproben unterworfen, wie die Aluminiumbronzen. Die Komposition N. O. B. dient als Lagermetall der Fahrzeuge der Schweiz. Nordostbahn; die andere wird durch die Firma Wolf & Weiss als Lagermetall für den Maschinenbau in den Handel gebracht.

Folgende Zusammenstellungen geben die gewonnenen Resultate:

Chemische Zusammensetzung der Lagermetalle.

bezogen	*von Wolf & Weiss*	*Schweiz. Nordostbahn*
Kupfer	1,10 %	7,55 %
Antimon	19,05 »	11,90 »
Zinn	13,00 »	80,65 »
Blei	67,10 »	0,25 »
	100,25 %	100,35 %

B. Methoden der Prüfung der dynamischen Festigkeitsverhältnisse des Aluminiums und seiner Legierungen.

Bericht des Herrn Prof. *A. Martens*, Vorsteher der kgl. preuss. mech.-techn. Versuchsanstalt Charlottenburg.

Die zur Prüfung eingesandten Barren*) von etwa 1,1 m Länge trugen auf der einen Endfläche die in den Tabellen der Ausfertigungen, (Spalte 2), angegebenen Zeichen und ferner mit Ausnahme der laufend mit 1,3 und 4 gezeichneten Barren die Bezeichnung »Einfluss«.

Nach Feststellung der Übereinstimmung dieser Bezeichnungen mit den von der Antragstellerin**) gemachten Angaben wurden die Barren in der Mitte auf der Drehbank durchgeschnitten und die beiden entfallenden Stücke nach Massgabe der nachstehenden Figur mit A, B und C, D gezeichnet. Hierbei

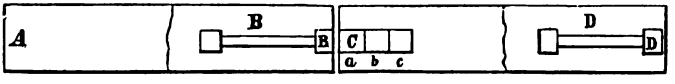


Fig. 7.

wurde A an dasjenige Ende gesetzt, welches die vorerwähnten Bezeichnungen trug. Ausserdem wurden die Stücke mit der laufenden Nummer des Barrens gezeichnet (siehe Spalte 3 Tabelle). Beide Stücke wurden nun den Schlagbiegeproben unterzogen und aus den hierbei erhaltenen Bruchstücken die Zug und Stauchproben wie folgt entnommen:

1. Die *Zugproben* aus den Stücken B und D. Hierbei wurde die Lage der Probe in Barren dadurch gekennzeichnet, dass an dem Ende, welches dem Bruch der Biegeprobe zugelegen war, hinter das Zeichen ein Körner eingeschlagen wurde. Das Zeichen bestand aus dem Buchstaben B oder D und der laufenden Nummer des Barrens (vergleiche Spalte 4 Tabelle).

2. Die *Stauchproben* aus den Bruchstücken C centrisch herausgedreht und zwar wurde dieses Stück an der ursprünglichen Schnittfläche C beginnend auf eine Länge von etwa 120 mm auf 30 mm Durchmesser abgedreht und dann die einzelnen Proben von 30 mm Höhe abgestochen und an den Endflächen sauber geschlichtet. Jede Probe erhielt die laufende Nummer des

*) An die kgl. preuss. Versuchsanstalten, Charlottenburg.

**) Schweiz. Materialprüfungs-Anstalt.

Barrens und das Zeichen C. Hinter diese Bezeichnung wurde zur Unterscheidung der drei gleichartigen Stücke aus demselben Barren der Buchstabe a, b oder c gesetzt, und zwar erhielt diejenige Probe welche der Schnittfläche C zunächst gelegen war, den Buchstaben a. Zum Versuch wurden bei allen Barren die Proben a und b verwendet, die Probe c ausserdem nur dann, wenn die beiden ersteren untereinander abweichende Ergebnisse lieferten. Die Barren 1, 4, 5, 6, 8 und 14 giengen bei den Schlagbiegeversuchen nicht zum Bruch, die Stücke mussten daher vor ihrer weiteren Bearbeitung zunächst auf der Hobelmaschine gelegt werden.

Verzeichnis des Probenmaterials.

Lauf. No.	Bezeichnung der Barren durch den Antragsteller	Bezeichnung der entnommenen Proben			Lauf. No.	Bezeichnung der Barren durch den Antragsteller	Bezeichnung der entnommenen Proben		
		Biegeproben	Zugproben	Stauchproben			Biegeproben	Zugproben	Stauchproben
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1 G A	1 A B 1 C D	1 B 1 D	— 1 C (a–c)	8	9 A	8 A B 8 C D	8 B 8 D	— 8 C (a–c)
2	2 B	2 A B 2 C D	2 B 2 D	— 2 C (a–c)	9	11 A	9 A B 9 C D	9 B 9 D	— 9 C (a–c)
3	3 G A	3 A B 3 C D	3 B 3 D	— 3 C (a–c)	10	12 B	10 A B 10 C D	10 B 10 D	— 10 C (a–c)
4	4 G A	4 A B 4 C D	4 B 4 D	— 4 C (a–c)	11	13 A	11 A B 11 C D	11 B 11 D	— 11 C (a–c)
5	5 A	5 A B 5 C D	5 B 5 D	— 5 C (a–c)	12	14 B	12 A B 12 C D	12 B 12 D	— 12 C (a–c)
6	6 A	6 A B 6 C D	6 B 6 D	— 6 C (a–c)	13	15 A	13 A B 13 C D	13 B 13 D	— 13 C (a–c)
7	8 A	7 A B 7 C D	7 B 7 D	— 7 C (a–c)	14	16 A	14 A B 14 C D	14 B 14 D	— 14 C (a–c)

Bezüglich der Versuchsausführung diene folgendes:

a. Die Schlagbiegeversuche.

Bei den *Schlagbiegeversuchen* wurden die Barrenabschnitte in dem Anlieferungszustande bei 450 mm Stützweite unter Benutzung eines Fallbären von 56,14 kg wirksamen Gewicht (aus-

schliesslich des Reibungsverlustes) geprüft. Die Fallhöhe wurde mit 1,00 m beginnend bei jedem weiteren Schlage um 0,5 m vergrössert, sodass nach dem siebenten Schlage die Fallhöhe von 4,00 m erreicht war. Alle weiteren Schläge wurden dann aus 4,00 m Höhe gegeben, bis der Bruch eintrat oder die grösste zulässige Durchbiegung von 100 mm erreicht war. Nach jedem Schlage wurde die Durchbiegung mit Hülfe eines Stangenzirkels mit 3 Spitzen (Konstruktion A. Martens) ermittelt.

b. Die Schlagzugversuche.

Die *Schlagzugversuche* wurden mit einem Fallbären von 56,26 kg wirksamen Gewicht ausgeführt. Die Proben wurden hierbei mit dem obern Kopf in ein bockähnliches starkes Gestell G eingehängt, dessen Fussplatte mit der Schabotte des Schlagwerkes fest verschraubt war. Der untere Kopf des Probestabes trug den Bügel B (50,3 kg) welcher den Kopf des Gestelles G umfasst und an beiden Seiten zwischen den Gleitschienen des Fallwerkes geführt ist. Die Schläge wurden auf die Bahn an der obern Fläche des Bügels ausgeübt und durch letzteren auf den Probestab übertragen. Wegen zu geringer Länge der aus den Bruchstücken der Fallbiegeproben entfallenden Stäbe, mussten besondere Einspannkopfstücke hergestellt werden, die dann durch die Muttern M mit den Köpfen der Proben verschraubt wurden. Diese Kopfstücke waren aus Gussstahl geschmiedet und hatten im Schaft einen Durchmesser von 25 mm. Die Probenstäbe selbst wurden anfänglich auf 15 mm abgedreht, da jedoch nach einigen Versuchen das untere Kopfstück im Gewinde abriss, so wurden die weiteren Probestäbe bis auf 13 mm Durchmesser bearbeitet.

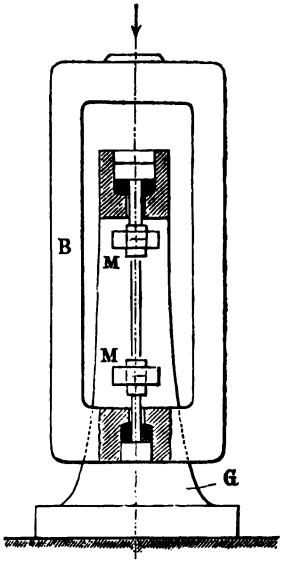


Fig. 8.

Die bei einzelnen Schlägen angewendeten Fallhöhen sind aus den Tabellen der Ausfertigung zu ersehen. Sie wurden

bei jeder Probe so gewählt, dass möglichst die Schläge gleicher Nummer dieselbe spezifische Schlagarbeit für die Probestäbe ergaben, wobei der Volumenberechnung des Stabes dessen Versuchslänge, d. h. *die ganze Länge zwischen den mit Gewinde versehenen Köpfen zu Grunde gelegt wurde.* Die Schläge mit gleicher Arbeitsgrösse sind in den Tabellen zu Gruppen zusammengefasst und zwar enthält im allgemeinen Gruppe I die Schläge 1—4, Gruppe II die Schläge 5—9 und Gruppe III die Schläge 10—14. Eine Ausnahme hiervon machen nur Stab 9 B aus dem Barren 11 A und Stab 14 B aus dem Barren 16 A, sodass die Angaben des Gruppenzeichens im Kopf der Tabelle für diese beiden Stäbe nicht zutreffen. Das nähere hierüber ist aus den Bemerkungen zu diesen Stäben zu ersehen und ferner aus der abweichenden Liniatur zu erkennen.

Die Längenänderungen wurden auf 200 mm Messlänge mit Hülfe eines Kathetometers nach jedem Schlage ermittelt. Da die für den vorgeschriebenen Apparat zulässige grösste Dehnung des eingespannten Stabes durch den Abstand des Bügels B von der Fussplatte des Gestelles G begrenzt war, so musste bei einigen sehr dehnbaren Stäben nach einer gewissen Zahl von Schlägen der untere Einspannkopf entfernt und der Stab dann in der Weise eingespannt werden, dass der Bügel mit seiner unteren Fläche unmittelbar auf die untere Mutter M gesetzt wurde. Dehnungsmessungen konnten bei dieser Einspannweise nicht mehr angestellt werden, da die untere Marke durch den Bügel verdeckt war.

c. Die Stauchversuche.

Die *Stauchversuche* wurden mit demselben Fallbären (56,26 kg Gewicht) wie die Zugversuche ausgeführt. Die Fallhöhen wurden mit 1,0 m beginnend nach je 4 Schlägen um 0,5 m vergrössert. Die erzielte Höhenverminderung wurde nach jedem Schlage mit Hülfe einer Schublehre ermittelt.

III. Resultate der chemisch-analytischen Untersuchungen des Aluminiums und seiner Legierungen.

Nachstehend zusammengestellte Resultate bilden einen Auszug, einer mehrere hundert Einzel-Versuche umfassenden Arbeit, welche in ihrer Gesamtheit wiederzugeben aus mehrfachen Gründen nicht angänglich erscheint. Verschiedene chemisch-analytische Untersuchungen und manche der ausgeführten Zerreissproben wurden zur eigenen Instruktion durch Herrn Direktor *Kiliani* beantragt und gehören nicht in die Öffentlichkeit. Ebenso mussten viele Proben zufolge Gussfehler, Legierungsausscheidungen oder anderer Unregelmässigkeiten ausgeschieden werden.

Nachstehende Zusammenstellungen beziehen sich:

1. *auf die Resultate der sog. kleinen oder orientierenden Versuchsreihen.*
2. *auf die Resultate der sog. umfassenden Versuchsreihen.*

1. Resultate der kleinen oder orientierenden Versuchsreihe.

A. Resultate der chemischen Analysen.

Sämtliche Zahlenwerte der chemisch-analytischen Arbeiten sind Mittelwerte aus 2 Bestimmungen.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
1	Reinaluminium*)	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	98,77	—	—	0,61	—
2	Aluminium-Bronze	rötlichgelb	4,52	93,43	—	0,89	0,04
3	Aluminium-Bronze	goldgelb	6,39	91,59	—	1,02	0,03
4	Aluminium-Bronze	goldgelb	7,16	90,65	—	0,85	0,07
5	Aluminium-Bronze	goldgelb	7,59	90,35	—	0,83	0,02
6	Aluminium-Bronze	goldgelb	7,68	89,61	—	0,92	0,08
7	Aluminium-Bronze	goldgelb	7,69	89,94	—	0,92	Spur
8	Aluminium-Bronze	goldgelb	8,29	89,55	—	0,77	Spur
9	Aluminium-Bronze	goldgelb	8,74	89,10	—	0,76	0,18

*) Geliefert im Jahre 1900.

1. Resultate der kleinen oder orientierenden Versuchsreihe.

A. Resultate der chemischen Analysen.

Besserer Übersicht willen sind den chemischen Analysen die Resultate der korrespondierenden Zerreissproben beigefügt.

Gegossenes Material.

Silicium Si. %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
0,45	0,26	0,92	12,9	11,7	16,0	0,11	fein anrissig	sehnig; zackig
	0,26	1,04	16,2	14,3	20,0	0,15	» »	» »
	0,32	0,96	13,3	12,0	17,0	0,12	» »	» »
Mittel	0,28	0,97	14,1	12,7	17,7	0.13		
1,02	1,27	4,21	62,1	53,6	52,4	2,26	wellig; fein anrissig;	sehnig; fehlerfrei
1,26	1,44	4,44	45,3	40,3	41,3	1,79	wellig	» »
	1,37	4,49	52,8	48,3	41,4	2,17	»	» »
	1,38	4,08	54,4	50,6	41,9	2,06	»	» »
	1,23	4,11	50,0	48,0	50,0	1,97	»	» »
Mittel	1,36	4,28	50,6	46,8	43,7	2,00		
1,56	?	5,46	39,9	36,5	36,0	1,99	feinwellig	» »
	1,64	5,53	38,6	34,1	36,4	1,88	»	» »
Mittel	1,64	5,50	38,3	35,3	36,2	1,94		
1,25	1,61	5,13	43,2	41,6	37,6	2,13	grobwellig	» »
	1,66	5,05	55,3	52,3	44,2	2,64	»	» »
	—	5,16	52,0	47,3	41,2	2,44	»	» »
Mittel	1,64	5,11	50,2	47,1	41,0	2,40		
1,95	2,32	6,33	17,2	17,3	21,1	1,10	feinwellig	» »
	2,37	6,16	17,2	17,5	22,1	1,08	»	» »
Mittel	2,35	6,25	17,2	17,4	21,6	1,09		
1,26	1,50	4,87	42,7	40,6	36,0	1,98	grobwellig	» »
1,44	1,64	5,93	28,7	26,2	28,5	1,55	wellig	homogen; fehlerfrei
	1,71	5,88	24,6	23,3	27,6	1,37	»	» »
Mittel	1,68	5,91	26,7	24,8	28,1	1,46		
1,20	1,76	5,81	26,5	26,1	28,6	1,52	feinwellig	sehnig; fehlerfrei
	1,93	5,65	19,8	19,3	23,2	1,09	»	» »
Mittel	1,85	5,73	23,2	22,7	25,9	1,30		

Lauf No.	Benennung des Materials	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
10	Aluminium-Bronze	goldgelb	9,86	87,70	—	0,81	0,05
11	Aluminium-Bronze	goldgelb	10,05	86,07	—	0,98	0,14
12	Aluminium-Bronze	goldgelb	10,23	86,54	—	0,85	0,14
13	Aluminium-Bronze	goldgelb	10,30	86,78	—	0,60	0,09
14	Gewöhnl. Messing	messinggelb	—	59,93	39,80	0,12	—
15	Aluminium-Messing	messinggelb	1,02	66,44	31,96	0,13	—
16	Aluminium-Messing	messinggelb	1,02	65,37	32,82	0,10	—
17	Aluminium-Messing	messinggelb	1,20	64,96	32,61	0,13	—
18	Aluminium-Messing	messinggelb	1,30	65,00	33,18	0,10	—
19	Aluminium-Messing	messinggelb	1,80	66,03	31,26	0,18	—
20	Aluminium-Messing	messinggelb	2,78	63,23	32,80	0,35	—
21	Aluminium-Messing	messinggelb	3,25	63,06	32,36	0,57	—
22	Aluminium-Messing	messinggelb	3,37	60,72	34,60	0,39	—

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c = \beta \frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
1,64	2,01	6,52	0,5	0,5	2,9	0,03	fast unverändert	homogen; fehlerfrei
	1,66	6,18	0,6	0,6	1,9	0,04	» »	» »
Mittel	1,84	6,35	0,6	0,6	2,4	0,04		
2,48	3,01	7,30	0,6	0,4	2,0	0,03	» »	» »
2,04	2,68	7,63	0,3	0,2	1.2	0,02	» »	» »
	2,45	7,22	(?)	0,6	—	0,04	» »	» »
Mittel	2,57	7,43	0,3	0,4	1,2	0,03		
2,22	3,23	6,27	0,5	0,5	1,2	0,03	» »	» »
—	1,35	3,22	16,4	14,8	22,5	0,48	fein anrissig	unhomogen; Gussausscheidungen
0,22	1,43	4,11	43,1	42,1	36,2	1,73	schwachwellig	homogen; fehlerfrei
	1,43	4,03	53,8	51,7	43,0	2,08	»	» »
Mittel	1,43	4,07	48,5	46,9	39,6	1,91		
0,42	1,46	4,05	46,7	44,0	37,4	1,78	feinwellig	feinkörn.; fehlerfrei
	1,47	4,00	50,6	46,4	46,7	1,86	»	» »
Mittel	1,47	4,03	48,7	45,2	42,0	1,82		
1,02	2,23	5,16	19,8	19,3	19,3	1,00	»	» »
0,32	1,58	4,33	31,0	31,0	31,5	1,34	»	» »
	1,67	4,66	44,0	41,2	42,0	1,84	»	» »
Mittel	1,63	4,40	37,5	36,1	36,8	1,59		
0,49	1,75	4,49	21,6	20,4	25,1	0,92	»	» »
	1,79	4,69	30,5	30,5	30,5	1,43	»	» »
Mittel	1,77	4,59	26,1	25,5	27,8	1,18		
0,63	3,69	6,41	7,3	7,1	10,8	0,46	»	» »
	2,75	6,24	6,0	6,1	10,1	0,38	»	» »
Mittel	3,22	6,33	6,7	6,6	10,5	0,42		
0,55	2,42	6,16	9,4	8,7	12,9	0,54	»	feinkörn.; zackig
	1,92	5,46	4,8	4,3	10,8	0,23	»	» »
Mittel	2,17	5,81	7,1	6,5	11,9	0,39		
0,79	2,66	6,76	6,5	6,0	9,7	0,41	schwachwellig	feinkörn.; fehlerfrei

Lauf. No.	Benennung des Materials	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
23	Aluminium-Messing	messinggelb	3,42	64,11	31,16	0,40	—
24	Aluminium-Messing	messinggelb	5,65	63,42	29,97	0,55	—
25	Aluminium-Messing	messinggelb	0,49	59,24	39,73	0,33	—
26	Aluminium-Messing	messinggelb	0,73	58,90	39,66	0,11	—
27	Aluminium-Messing	messinggelb	1,10	57,98	40,15	0,15	—
28	Aluminium-Messing	messinggelb	1,35	57,26	39,92	Spur	—
29	Aluminium-Messing	messinggelb	1,86	58,03	39,55	0,29	—
30	Aluminium-Messing	messinggelb	1,90	57,86	39,60	0,34	—
31	Aluminium-Messing	messinggelb	3,45	55,42	39,82	0,18	—
32	Rein-Kupfer*)	kupferrot	—	c. 98,50	—	—	—

Bezüglich der Ductilität und Oberflächenbeschaffenheit des Rein-Aluminiums in gegossenem und gewalztem Zustande, vergl.

*) Möglicherweise gewalzt; unsicher.

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
0,75	3,17	6,74	7,9	7,2	10,8	0,49	schwach wellig	ziemlich feinkörnig; fehlerfrei
	2,76	6,45	4,3	4,3	8,9	0,28	» »	»
Mittel	2,97	6,60	6,1	5,8	9,9	0,39		
0,41	1,57	5,74	10,6	10,4	15,3	0,60	» »	zackig; fehlerfrei
0,17	1,51	4,26	27,7	26,7	31,2	1,14	zieml. grobwellig	homogen; fehlerfrei
0,17	(?)	5,55	17,2	16,5	20,9	0,92	feinwellig	» »
	2,30	5,45	18,7	17,8	21,7	0,97	»	» »
Mittel	1,70	5,50	18,0	17,4	21,3	0,95		
0,26	2,93	6,10	22,7	21,4	24,4	1,30	»	unhomogen; Gussausscheidungen
1,09	2,40	6,42	21,3	20,5	22,2	1,32	»	homogen; fehlerfrei
0,35	2,58	6,04	18,1	18,0	20,7	1,09	»	fast homogen
	2,58	6,07	15,6	15,1	15,9	0,92	»	» »
Mittel	2,58	6,06	16,9	16,6	18,3	1,01		
0,13	1,85	4,82	24,4	24,6	27,0	1,19	»	homogen; fehlerfrei
	1,85	5,02	22,5	21,9	23,5	1,10	»	» »
Mittel	1,85	4,92	23,5	23,3	25,3	1,15		
0,86	3,41	4,88	1,8	1,6	2,9	0,08	blank, fast unverändert	» »
	3,23	4,78	1,7	1,3	1,9	0,06	»	» »
Mittel	3,32	4,83	1,8	1,5	2,4	0,07		
—	0,82	2,23	48,3	43,0	57,0	0,96	schwach wellig	» »
	1,04	2,18	44,3	42,6	37,0	0,93	» »	» »
	0,87	2,17	45,9	40,9	45,0	0,89	» »	» »
Mittel	0,91	2,19	46,2	42,2	46,3	0,93		

die beigeheftete »*Darstellung einiger Zerreissproben*« aus Rein-Aluminium.

2. Resultate der umfassenden Versuchsreihe.

A. Resultate der chemischen Analysen.

Sämtliche Zahlenwerte der chemisch-analytischen Arbeiten sind Mittelwerte aus 2 Bestimmungen.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
1	Reinaluminium	25 G	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	98,45	—	—	0,56	0,12
2	Aluminium-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	silberweiss: mit Stich ins Bläuliche	94,03	2,25	—*)	0,25	0,08
3	Aluminium-Bronze	15 G	goldgelb	10,42	87,56	—	0,43	0,05
4	Aluminium-Bronze	13 G	goldgelb	10,32	86,79	—	0,60	0,09
5	Aluminium-Bronze	8 G	goldgelb	10,23	86,54	—	0,85	0,14
6	Aluminium-Bronze	12 G	goldgelb	10,05	86,07	—	0,98	0,14
7	Aluminium-Bronze	16 G	goldgelb	9,41	89,54	—	0,19	0,05
8	Aluminium-Bronze	11 G	goldgelb	8,73	89,13	—	0,74	0,16
9	Aluminium-Bronze	6 G	goldgelb	8,12	88,70	—	1,48	0,15

*) Cadmium: 2,57 %.

2. Resultate der umfassenden Versuchsreihe.

A. Resultate der chemischen Analysen.

Besserer Übersicht willen sind den Resultaten der chemischen Analysen die Ergebnisse der korrespondierenden Zerreissproben beigefügt.

Gegossenes Material.

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c = \beta \frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
0,87	0,29	0,91	8,9	8,4	11,0	0,08	schwach querrissig	körnig-zackig
	0,31	0,94	8,1	6,8	10,0	0,08	» »	»
Mittel	0,30	0,93	8,5	7,6	10,5	0,08		
0,82	0,53	1,31	1,6	1,1	2,4	0,01	fast unverändert	»
	0,50	1,22	0,9	0,7	3,3	0,01	» »	»
Mittel	0,52	1,27	1,3	0,9	2,9	0,01		
1,13	—	5,34	0,0	0,0	0,0	—	fast unverändert	kristall.-körnig; spätig
	—	5,74	0,0	0,0	0,0	—	» »	»
Mittel	—	5,54	0,0	0,0	0,0	—		
2,17	2,85	5,75	Spur	Spur	1,4	0,00	» »	»
	2,92	6,28	0,2	0,1	1,6	0,01	» »	»
Mittel	2,89	6,02	0,1	0,05	1,5	0,01		
2,04	—	5,70	0,9	0,7	0,6	0,04	unverändert	kristall.-feinkörnig
2,48	—	6,19	0,6	0,3	1,9	0,02	»	kristall.-spätig; strahlig
	—	6,38	0,7	0,5	0,4	0,03	»	»
Mittel	—	6,28	0,7	0,4	1,2	0,03		
0,67	1,20	4,28	29,8	28,2	—	1,21	grobwellig	kristall-spätig; zackig
	1,20	4,15	25,8	25,8	—	1,07	»	»
Mittel	1,20	4,22	27,8	27,0	—	1,14		
1,22	1,54	4,05	10,0	9,2	13,9	0,37	feinwellig	kristall.-grobkörnig; spätig
	1,60	3,72	8,5	8,4	12,8	0,31	schwach grobwellig	do. do.; mit grossen spiegeligen Absonderungsflächen
Mittel	1,57	3,89	9,3	8,8	13,4	0,34		
1,52	1,43	4,92	30,9	30,5	28,7	1,51	feinwellig	feinkörnig; mässig strahlig
	1,42	4,79	28,9	28,6	26,5	1,37	»	»
Mittel	1,43	4,86	29,9	29,6	27,6	1,44		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
10	Aluminium-Bronze	2 G	goldgelb	8,05	89,26	—	0,51	0,11
11	Aluminium-Bronze	1 G	goldgelb	7,92	89,60	—	0,73	0,21
12	Aluminium-Bronze	14 G	goldgelb	7,72	89,53	—	0,94	0,08
13	Aluminium-Bronze	5 G	goldgelb	7,50	90,43	—	0,54	0,05
14	Aluminium-Bronze	3 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	7,08	89,67	—	0,72	0,12
15	Aluminium-Bronze	4 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	5,92	91,17	—	0,78	0,04
16	Aluminium-Bronze	9 G	rötlichgelb	4,62	93,35	—	0,89	0,04
17	Rein-Kupfer	22 K	kupferrot	Spur	99,46	—	—	—
18	Rein-Kupfer	22 K*	kupferrot	Spur	99,74	—	Spur	—

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
1,83	1,93	4,91	11,2	10,2	12,6	0,51	schwach grobwellig	kristall., mässig spätig; zackig
	1,88	5,06	12,6	12,6	17,3	0,64	mittelwellig	kristall.-körnig; spätig
Mittel	1,91	4,99	11,9	11,5	15,0	0,58		
1,47	1,47	4,61	24,3	24,3	24,4	1,12	grobwellig	kristall.-grobkörnig; zackig
	1,47	4,59	25,1	24,6	25,5	1,13	»	»
Mittel	1,47	4,60	24,7	24,5	25,0	1,13		
1,93	1,64	5,20	21,3	19,8	22,7	1,03	mittelwellig	kristall.-körnig; mässig zackig
	1,70	4,52	12,3	11,3	16,8	0,51	»	»
Mittel	1,67	4,86	16,8	15,6	19,8	0,77		
1,56	1,42	4,88	30,5	30,5	30,6	1,49	wellig	»
	1,43	4,84	32,8	32,4	32,5	1,57	»	»
Mittel	1,43	4,86	31,7	31,5	31,6	1,53		
2,72	2,22	5,31	8,6	8,0	14,6	0,43	schwach wellig (Spur v. Anrissen)	kristall.-körnig; spätig
	(2,17)	(4,58)	(3,2)	(2,4)	(9,1)	(0,11)	fein anrissig	do.; fehlerhaft
Mittel	2,22	5,31	8,6	8,0	14,6	0,43		
2,12	1,54	4,96	29,7	28,9	29,7	1,43	mittelwellig	feinkörnig; mässig zackig
	1,59	(4,55)	—	—	—	—	»	fehlerhaft
Mittel	1,57	4,96	29,7	28,9	29,7	1,43		
0,98	0,97	3,65	53,0	47,8	58,0	1,74	vorwiegend grobwellig	feinkörnig; zackig
	0,97	3,82	60,9	55,7	56,4	2,13	»	» »
Mittel	0,97	3,74	57,0	51,8	57,2	1,94		
—	0,73	2,16	51,6	43,4	78,0	0,94	feinwellig	feinsehn.; fehlerfrei
	0,66	2,13	53,0	43,4	77,0	0,92	»	» »
Mittel	0,70	2,15	52,3	43,4	77,5	0,93		
—	0,94	2,14	41,3	34,7	68,0	0,74	»	» »
	0,88	2,17	40,2	32,7	75,0	0,71	»	» »
Mittel	0,91	2,16	40,8	33,7	71,5	0,73		

B. Resultate der umfassenden Zerreissproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. I.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung Al %	Cu %	Zn %	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	Grenz-Modul γ t/cm²
1	Reinaluminium	25 G	silberweiss. Stich ins Bläuliche	2	98,45	—	—	677	1,21
								641	1,36
							Mittel	659	1,29
2	Aluminium-Bronze (als Reinaluminium geliefert)	26 G	silberweiss, Stich ins Bläuliche	2	94,03	2,25	—	715	0,25
								689	0,25
							Mittel	702	0,25
3	Aluminium-Bronze	15 G	goldgelb	2	10,42	87,56	—	1348	2,34
								1386	2,33
							Mittel	1367	2,34
4	Aluminium-Bronze	13 G	goldgelb	2	10,32	86,79	—	1240	2,05
								1241	2,00
							Mittel	1241	2,03
5	Aluminium-Bronze	8 G	goldgelb	1	10,23	86,54	—	1320	1,54
6	Aluminium-Bronze	12 G	goldgelb	2	10,05	86,07	—	1342	1,76
								1361	1,98
							Mittel	1352	1,87
7	Aluminium-Bronze	16 G	goldgelb	2	9,41	89,54	—	1176	0,77
								1184	0,77
							Mittel	1180	0,77
8	Aluminium-Bronze	11 G	goldgelb	2	8,73	89,13	—	1223	0,86
								1226	0,86
							Mittel	1225	0,86
9	Aluminium-Bronze	6 G	goldgelb	2	8,12	88,70	—	1259	0,85
								1271	0,86
							Mittel	1265	0,86
10	Aluminium-Bronze	2 G	goldgelb	2	8,05	89,26	—	1284	0,99
								1184	0,97
							Mittel	1234	0,98

B. Resultate der umfassenden Zerreissproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. I.

Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c = \beta \frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
0,29	0,91	7,9	8,9	8,4	11,0	0,08	schwach wellig; fein querrissig	körnig-zackig
0,31	0,94	5,5	8,1	6,8	10,0	0,08	»	» »
0,30	0,93	6,7	8,5	7,6	10,5	0,08		
0,53	1,31	0,6	1,6	1,1	2,4	0,01	fast unverändert	» »
0,50	1,22	0,5	0,9	0,7	3,3	0,01	» »	» »
0,52	1,27	0,6	1,3	0,9	2,9	0,01		
unsicher	5,34	0,0	0,0	0,0	0,0	—	» »	kristall.-körnig; spätig
»	5,74	0,0	0,0	0,0	0,0	—	» »	» »
unsicher	5,54	0,0	0,0	0,0	0,0	—		
2,85	5,75	Spur	Spur	Spur	1,4	Spur	» »	» »
2,92	6,28	0,0	0,2	0,1	1,6	0,01	» »	» »
2,89	6,02	0,0	0,1	0,05	1,5	0,01		
unsicher	5,70	0,5	0,9	0,7	0,6	0,04	» »	kristall.-feinkörnig
unsicher	6,19	0,0	0,6	0,3	1,9	0,02	» »	kristall.-spätig-strahlig
»	6,38	0,3	0,7	0,5	0,4	0,03	» »	»
unsicher	6,29	0,15	0,7	0,4	1,2	0,03		
1,20	4,28	26,6	29,8	28,2	—	1,21	grobwellig	kristall.-spätig; zackig
1,20	4,15	25,8	25,8	25,8	—	1,07	»	» »
1,20	4,22	26,2	27,8	27,0	—	1,14		
1,54	4,05	8,4	10,0	9,2	13,9	0,37	feinwellig	kristall.-grobkörnig; spätig
1,60	3,72	8,3	8,5	8,4	12,8	0,31	schwach grobwellig	»
1,57	3,89	8,3	9,3	8,8	13,4	0,34		
1,42	4,79	28,3	28,9	28,6	26,5	1,37	feinwellig	feinkörn.; mässig strahl.
1,43	4,92	30,1	30,9	30,5	28,7	1,51	»	» » »
1,43	4,86	29,2	29,9	29,6	27,6	1,44		
1,93	4,91	9,4	11,2	10,3	12,6	0,51	schwach grobwellig	kristall.; mässig spätig, zackig
1,88	5,06	12,6	12,6	12,6	17,3	0,64	mittelwellig	kristall.-körnig; spätig
1,91	4,99	11,0	11,9	11,5	15,0	0,58		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung Al %	Cu %	Zn %	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	Grenz-Modul γ t/cm²
11	Aluminium-Bronze	1 G	goldgelb	2	7,92	89,60	—	1198	0,90
								1144	0,85
							Mittel	1171	0,88
12	Aluminium-Bronze	14 G	goldgelb	2	7,72	89,53	—	1226	0,97
								1160	1,02
							Mittel	1193	1,00
13	Aluminium-Bronze	5 G	goldgelb	2	7,50	90,43	—	1197	0,85
								1184	0,80
							Mittel	1190	0,83
14	Aluminium-Bronze	3 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	2	7,08	89,67	—	1163	0,97
								1192*)	1,09*)
							Mittel	1163	0,97
15	Aluminium-Bronze	4 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	2	5,92	91,17	—	1218	0,86
								1200	0,85
							Mittel	1209	0,86
16	Aluminium-Bronze	9 G	rötlichgelb	2	4,62	93,35	—	1094	0,31
								1064	0,43
							Mittel	1079	0,37
17	Rein-Kupfer	22 K	kupferrot	2	Spur	99,46	—	1247	0,18
								1274	0,32
							Mittel	1261	0,25
18	Rein-Kupfer	22 K*	kupferrot	2	Spur	99,74	—	1300	0,47
								1272	0,46
							Mittel	1286	0,47

*) Nicht massgebend.

Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c = \beta \frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
1,47	4,59	24,1	25,1	24,6	25,5	1,13	grobwellig	kristall.-grobkörnig; zackig
1,47	4,61	24,3	24,3	24,3	24,4	1,12	»	»
1,47	4,60	24,2	24,7	24,5	25,0	1,13		
1,64	5,20	18,3	21,3	19,8	22,7	1,03	mittelwellig	kristall.-körnig; mässig zackig
1,70	4,52	10,3	12,3	11,3	16,8	0,51	schwach grobwellig	»
1,67	4,86	14,3	16,8	15,6	19,8	0,77		
1,42	4,88	30,5	30,5	30,5	30,6	1,49	wellig	»
1,43	4,84	32,0	32,8	32,4	32,5	1,57	»	»
1,42	4,86	31,3	31,7	31,5	31,6	1,53		
2,22	5,31	7,4	8,6	8,0	14,6	0,43	schwach wellig (Spuren von Anrissen)	kristall.-körnig; spätig
2,17*)	4,58*)	—	—	—	—	—	fein anrissig	do. (kleiner Gussfehler)
2,22	5,31	7,4	8,6	8,0	14,6	0,43		
1,54	4,96	28,1	29,7	28,9	29,7	1,43	mittelwellig	feinkörn.; mässig zackig
1,59	4,55*)	—	—	—	—	—	»	(kleiner Gussfehler)
1,57	4,96	28,1	29,7	28,9	29,7	1,43		
0,97	3,82	50,5	60,9	55,7	56,4	2,13	vorwiegend grobwellig	feinkörnig; zackig
0,97	3,65	42,6	53,0	47,8	58,0	1,74	» »	» »
0,97	3,74	46,6	57,0	51,8	57,2	1,94		
0,73	2,16	35,2	51,6	43,4	78,0	0,94	feinwellig	feinsehnig, mässig zackig homogen; fehlerfrei
0,66	2,13	33,8	53,0	43,4	77,0	0,92	»	»
0,70	2,15	34,5	52,3	43,4	77,5	0,93		
0,94	2,14	28,1	41,3	34,7	68,0	0,74	»	»
0,88	2,17	25,2	40,2	32,7	75,0	0,71	»	»
0,91	2,16	26,7	40,8	33,7	71,5	0,73		

C. Resultate der technologischen Kaltbruchproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. I.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 60\frac{s}{r}$	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	25 G	4	5,00	1,50	28 —	6,55	11,5	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,50	40 —	4,40	17,0	» » »
				5,00	1,50	53 —	4,05	18,5	» » »
				4,99	1,52	25 —	7,55	10,0	» » »
					Mittel	39 —	5,66	14,3	
2	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	4	5,01	1,50	9 —	12,7	6,0	zieml. plötzl. Querbruch
				5,01	1,49	10 —	12,6	6,0	» » »
				5,00	1,52	7 —	12,8	6,0	» » »
				5,00	1,51	8 —	12,8	6,0	» » »
					Mittel	8,5	12,7	6,0	
3	Alum.-Bronze	15 G	2	4,97	1,51	1 30	∞	0,0	Plötzlicher Querbruch
				»	»	2 —	∞	0,0	» »
					Mittel	1 45	∞	0,0	
4	Alum.-Bronze	13 G	2	4,99	1,48	2 30	∞	0,0	» »
				»	»	2 —	∞	0,0	» »
					Mittel	2 15	∞	0,0	
5	Alum.-Bronze	8 G	2	4.99	1,48	2 —	∞	0,0	» »
				»	»	1 30	∞	0,0	» »
					Mittel	1 45	∞	0,0	
6	Alum.-Bronze	12 G	2	4,99	1,48	1 30	∞	0,0	» »
				»	»	2 —	∞	0,0	» »
					Mittel	1 45	∞	0,0	
7	Alum.-Bronze	16 G	2	4,98	1,47	180 ·	2,2	33,4	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	»	180 —	2,2	33,4	» » »
					Mittel	205 —	2,2	33,4	
8	Alum.-Bronze	11 G	2	4,99	1,47	37 —	9,2	8,0	» » »
				»	»	41 —	8,7	8,4	» » »
					Mittel	39 —	8,95	8,2	

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa$ $50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
9	Alum.-Bronze	6 G	1	4,99	1,47	180 —	2,1	35,0	Querrissig
10	Alum.-Bronze	2 G	2	4,98	1,48	50 —	5,2	14,2	»
				»	»	54 —	4,8	15,4	»
					Mittel	52 —	5,0	14,8	
11	Alum.-Bronze	1 G	2	5,01	1,48	90 —	3,5	21,2	Beginn der Querrissigkeit
				»	»	103 —	3,4	21,8	» » »
					Mittel	96 30	3,5	41,5	
12	Alum.-Bronze	14 G	2	4,98	1,47	74 —	4,1	18,0	» » »
				»	»	74 —	4,1	18,0	» » »
					Mittel	74 —	4,1	18,0	
13	Alum.-Bronze	5 G	1	4,98	1,47	180 —	1,9	38,6	Querrissig
14	Alum.-Bronze	3 G	2	4,97	1,47	15 30	15,7	4,7	Von d. Kante weg anrissig
				»	»	25 —	11,0	6,7	» » » » »
					Mittel	20 15	13,35	5,7	
15	Alum.-Bronze	4 G	2	4,99	1,48	180 —	2,4	30,8	Beginn der Querrissigkeit
				»	»	180 —	2,4	30,8	» » »
					Mittel	180 —	2,4	30,8	
16	Alum.-Bronze	9 G	2	4,99	1,48	180 —	1,0	74,0	» » »
				»	»	180 —	1,0	74,0	» » »
					Mittel	180 —	1,0	74,0	
17	Rein-Kupfer	22 K	2	5,02	1,52	180 —	0,76	100,0	Vollkommen intakt
				»	»	180 —	0,76	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,76	100,0	
18	Rein-Kupfer	22 K*	2	5,01	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
				»	»	180 —	0,75	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,75	100,0	

D. Resultate der technologischen Rotbruchproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. I.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
1*)	Rein-Aluminium	25 G	2	5,01	1,52	180 —	0,76	100,0	Beginn der Querrissigkeit
				4,99	1,50	180 —	0,75	100,0	» » »
					Mittel	180 —	0,75½	100,0	
2*)	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	2	5,01	1,49	14 —	0,70	8,0	Plötzlicher Querbruch
				5,00	1,51	∞	0,00	0,0	» »
					Mittel	7 —	4,35	4,0	
3	Alum.-Bronze	15 G	2	4,97	1,51	180 —	0,75½	100,0	Vollkommen intakt
				»	»	180 —	0,75½	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,75½	100,0	
4	Alum.-Bronze	13 G	2	4,98	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
				5,00	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
5	Alum.-Bronze	8 G	2	4,99	1,48	180 —	0,74	100,0	Schwach anrissig
				5,00	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
6	Alum.-Bronze	12 G	2	4,98	1,48	180 —	0,74	100,0	Vollkommen intakt
				5,01	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
7	Alum.-Bronze	16 G	1	4,98	1,49	180 —	0,74½	100,0	» »
8	Alum.-Bronze	11 G	2	4,98	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
				5,00	»	180 —	0,74	100,0	Spur von Anrissen
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
9	Alum.-Bronze	6 G	2	5,00	1,48	180 —	0,74	100,0	Vollkommen intakt
				4,99	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	

*) Die Warmbruchproben des Rein-Aluminiums wurden auf ca. 500° C. angewärmt; ihre Temperatur lag zwischen der Zink- (412° C.) und der Aluminium-Schmelztemperatur (610° C.). Die übrigen Aluminium-Bronzen wurden bei Dunkelrotglut den Biegeproben unterworfen, die Temperatur betrug ca. 600° C.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
10	Alum.-Bronze	2 G	2	4,99	1,49	180 —	0,74½	100,0	Vollkommen intakt
				4,96	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
11	Alum.-Bronze	1 G	1	5,01	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
12	Alum.-Bronze	14 G	2	4,99	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
				5,00	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
13	Alum.-Bronze	5 G	2	4,99	1,48	180 —	0,74	100,0	Schwach anrissig
				5,00	1,48	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
14	Alum.-Bronze	3 G	2	4,99	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				»	1,48	180 —	0,75	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,75	100,0	
15	Alum.-Bronze	4 G	2	4,98	1,48	180 —	0,74	100,0	Schwach anrissig
				5,00	»	180 —	0,74	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
16	Alum.-Bronze	9 G	2	4,75	1,48	180 —	0,74	100,0	An einer Kante anrissig
				»	»	180 —	0,74	100,0	Vollkommen intakt
					Mittel	180 —	0,74	100,0	
17	Rein-Kupfer	22 K	2	5,02	1,52	180 —	0,76	100,0	» »
				»	»	180 —	0,76	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,76	100,0	
18	Rein-Kupfer	22 K	2	5,01	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
				5,01	»	180 —	0,75	100,0	» »
					Mittel	180 —	0,75	100,0	

E. Resultate der Schmiedeproben.

Gegossenes Material.

a. Kaltschmiedbarkeit.

Reinaluminium ist kalt schmiedbar; es wird durch Kaltschmieden desto härter und spröder, je unreiner das Metall und je niedriger die herrschende Temperatur gewesen. In der Kälte (unter Null) geschmiedet, soll Reinaluminium spröde und rissig werden.*)

Aluminium-Bronzen sind im allgemeinen ebenfalls kalt schmiedbar; mit wachsendem Aluminiumgehalt nimmt ihre Kaltschmiedbarkeit ziemlich rapid ab. Die 10,5 bis 11,0 %-igen Aluminium-Bronzen vertragen das Kaltschmieden nicht; sie sind brüchig, spröde, zeigen stahlartigen, feinkörnigen, muschligen Bruch. Bronzen mit ca. 4,0 % und weniger Aluminiumgehalt sind relativ ziemlich gut kaltschmiedbar, sie werden jedoch unter dem Hammer hart, spröde und kernrissig. Ausglühen und nachheriges Abkühlen, auch wenn dies durch Abschrecken plötzlich geschieht, hebt die angenommene Sprödigkeit teilweise wieder auf, fördert also die weitere Kaltschmiedbarkeit.

Si.-Gehalt der Aluminium-Bronzen macht dieselben in kaltem Zustande härter und mindert die Kaltschmiedbarkeit ab. Mit wachsendem Si.-Gehalt wächst dieser Einfluss. Hoher Si-Gehalt (2 bis 3 %) macht die Bronzen brüchig, spröde unter Hammer und Walze, also unbildsam in kaltem Zustande, soferne der summarische Gehalt an Aluminium und Silicium 8,5 % überschreitet, (Angabe des Herrn Dr. *Kiliani*).

Aluminium-Messing. Die Kaltschmiedbarkeit des *Aluminium-Messings* ist bisher hier nicht geprüft worden.

b. Warmschmiedbarkeit (vergl. Tafel No. II.

Rein-Aluminium vorgewärmt auf eine Temperatur, bei welcher ein aufgelegter trockener Holzspahn zu rauchen beginnt, ist gut schmiedbar. Bei höherer Temperatur wird das Rein-Aluminium brüchig wie Gusseisen.

---

*) Angabe der Fabrik Neuhausen. Über den Einfluss niedriger Temperaturen sowie des Eisens, Phosphors, des Schwefels und anderer assesorischer Stoffe auf die Schmiedbarkeit des Rein-Aluminiums und seiner Legierungen, liegen unserseits keine Erfahrungen vor.

Aluminium-Bronzen sind in warmem Zustande plastisch weich, bildsam und daher vorzüglich schmied- und walzbar; sie bestehen in Hinsicht auf Strecken, Ausbreiten, Spalten, Lochen etc. den höchsten Anforderungen. Mit wachsendem Aluminium-Gehalt (bis zu 11 % unserer Versuchsreihe) wächst die Schmiedbarkeit der Aluminium-Bronzen in warmem Zustande. Die günstigste Schmiedetemperatur ist die helle Kirschrotglut (ca. 650 ° C).

Si.-Gehalt ermässigt die erforderliche Schmiedetemperatur, fördert also die Warmschmiedbarkeit der Aluminiumlegierungen; 10 % Aluminium-Bronze mit 2 % Si. lässt sich schon bei beginnender Rotglut gut schmieden.

Aluminium-Messing mit 3 bis 3½ % Aluminium-Gehalt ist bei »Braunwärme« (braunrot, beginnende Rotglut) weich, plastisch, bildsam und daher auch sehr gut schmiedbar. Mit abnehmendem Aluminiumgehalt nimmt die Schmiedbarkeit des Aluminium-Messings, sowie deren Schmiedetemperatur ab.

F. Resultate der Scherproben.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Durchmesser des Probekörpers cm	Querschnittfläche cm^2	Scherfestigkeit total t	Scherfestigkeit pro cm^2 t	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	25 G	2	2,07	3,37	5,65	0,84	Bruchstück anrissig; fehlerfrei.
				»	»	5,60	0,83	» » »
					Mittel	5,63	0,84	
2	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	2	2,07	3,37	9,75	1,45	Bruchstück anrissig; fehlerfrei.
				»	»	9,95	1,48	» » »
					Mittel	9,85	1,47	
3	Alum.-Bronze	15 G	2	2,06	3,33	—	—	keine Abscherung; bei 9 t Bruch; fehlerfrei.
				»	»	—	—	
					Mittel	—	—	
4	Alum.-Bronze	13 G	2	2,06	3,33	14,94	4,49	unregelmässiger, muschliger Bruch; fehlerfrei.
				»	»	15,13	4,54	
					Mittel	15,04	4,52	
5	Alum.-Bronze	8 G	2	2,05	3,30	11,63	3,52	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				2,06	3,33	12,50	3,75	
					Mittel	12,07	3,64	
6	Alum.-Bronze	12 G	2	2,06	3,30	12,88	3,87	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				»	»	13,50	4,05	
					Mittel	13,19	3,96	
7	Alum.-Bronze	16 G	2	2,06	3,30	9,00	2,70	deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; fehlerfrei.
				»	»	8,94	2,68	
					Mittel	8,97	2,69	
8	Alum.-Bronze	11 G	2	2,05	3,30	9,25	2,83	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				2,06	3,33	9,00	2,70	
					Mittel	9,13	2,77	
9	Alum.-Bronze	6 G	2	2,05	3,30	9,38	2,84	ähnlich wie forher; fehlerfrei.
				»	»	9,50	2,88	
					Mittel	9,44	2,86	

F. Resultate der Scherproben.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Durchmesser des Probekörpers cm	Querschnittfläche cm^2	Scherfestigkeit total t	Scherfestigkeit pro cm^2 t	Bemerkungen
10	Alum.-Bronze	2 G	2	2,04	3,27	9,94	3,04	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				2,03	3,24	10,13	3,12	
					Mittel	10,04	3,08	
11	Alum.-Bronze	1 G	2	2,06	3,33	9,50	2,85	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				»	»	9,44	2,83	
					Mittel	9,47	2,84	
12	Alum.-Bronze	14 G	2	2,05	3,30	10,63	3,26	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				»	»	10,25	3,11	
					Mittel	10,44	3,19	
13	Alum.-Bronze	5 G	2	2,05	3,30	9,19	2,78	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				»	»	9,44	2,86	
					Mittel	9,32	2,82	
14	Alum.-Bronze	3 G	2	2,06	3,33	11,13	3,33	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				2,05	3,30	11,62	3,52	
					Mittel	11,38	3,43	
15	Alum.-Bronze	4 G	2	2,06	3,33	9,94	2,98	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				»	»	10,13	3,04	
					Mittel	10,04	3,01	
16	Rein-Kupfer	9 G	2	2,05	3,30	9,32	2,82	ähnlich wie vorher; fehlerfrei.
				2,06	3,33	10,13	3,04	
					Mittel	9,73	2,93	
17	Rein-Kupfer	22 K	2	2,07	3,37	10,50	1,56	deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen.
				»	»	10,53	1,57	
					Mittel	10,52	1,57	
18	Alum.-Bronze	22 K*	2	2,07	3,37	10,70	1,59	wie zuvor.
				»	»	10,70	1,59	
					Mittel	10,70	1,59	

G. Resultate der Druck- und Stauchproben.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Durchmesser cm	Abmessungen Höhe cm	Elasticitäts-Modul ε t/cm²
1	Aluminium-Bronze	25 G	1	3,99	11,97	640
			2	3,00	2,99	—
				2,99	3,00	—
2	Aluminium-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	1	3,99	12,00	726
			2	2,99	2,99	—
				3,00	2,99	—
3	Aluminium-Bronze	15 G	1	4,00	12,00	1350
4	Aluminium-Bronze	13 G	1	3,99	12,00	1220
			2	3,00	2,97	—
				2,99	2,95	—
5	Aluminium-Bronze	8 G	1	4,00	12,00	1387
			2	2,99	2,96	—
				3,00	2,97	—
6	Aluminium-Bronze	12 G	1	3,99	12,00	1295
			2	2,99	2,98	—
				3,00	2,98	—
7	Aluminium-Bronze	16 G	1	3,99	12,00	1205
			2	2,99	2,97	—
				3,00	2,98	—
8	Aluminium-Bronze	11 G	1	3,99	12,00	1200
			2	3,00	2,95	—
				3,00	2,94	—
9	Aluminium-Bronze	6 G	—	—	—	—
			2	2,98	2,99	—
				3,00	2,99	—

G. Resultate der Druck- und Stauchproben.

Gegossenes Material.

Grenz-Modul γ t/cm²	Stauchgrenze σ t/cm²	Bei einer Inanspruchnahme von t absolut	Bei einer Inanspruchnahme von t/cm²	betrug die Stauchung in %	Bemerkungen
0,076	0,42	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	26,5	3,75	48,5	Beginn der Rissbildung.
—	—	29,2	4,16	50,0	» » »
	Mittel	27,9	3,96	49,3	
0,092	0,72	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	44,8	6,38	47,2	Beginn der Rissbildung.
—	—	50,0	7,07	51,5	» » »
	Mittel	47,4	6,73	49,4	
2,000	3,40*)	—	—	—	Bei 120 t plötzlicher Bruch.
1,960	3,20*)	—	—	—	Bei 119,5 t plötzlicher Bruch.
—	—	72,5	10,25	4,7	Plötzlicher Bruch.
—	—	71,0	10,11	13,4	» »
	Mittel	71,8	10,18	9,1	
0,600*)	1,92*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	74,8	10,65	16,2	Plötzlicher Bruch.
—	—	69,0	9,76	12,5	» »
	Mittel	71,9	10,25	14,4	
1,480	2,88	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	76,3	10,89	14,1	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	72,9	10,31	13,5	» » »
	Mittel	74,6	10,60	13,8	
0,520	1,36	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	88,2	12,56	38,7	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	72,0	10,18	32,5	» » »
	Mittel	80,1	11,37	35,6	
0,760	1,68	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	79,1	11,19	31,5	Plötzlicher Bruch.
—	—	76,7	10,85	31,3	» »
	Mittel	77,9	11,02	31,4	
—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	92,1	13,21	35,5	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	89,5	12,66	38,1	Plötzlicher Bruch.
	Mittel	90,8	12,94	36,8	

*) Unsicher.

Lauf No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Durchmesser cm	Abmessungen Höhe cm	Elasticitäts-Modul ε t/cm²
10	Aluminium-Bronze	2 G	1	2,99	12,00	1096
			2	2,98	2,96	—
				2,99	2,97	—
11	Aluminium-Bronze	1 G	1	4,00	12,00	1204
			1	3,01	3,01	—
12	Aluminium-Bronze	14 G	1	4,00	12,00	1196
			2	3,00	2,94	—
				3,00	2,97	—
13	Aluminium-Bronze	5 G	1	3,99	12,00	1190
			2	3,00	2,97	—
				2,99	2,98	—
14	Aluminium-Bronze	3 G	1	3,99	12,00	1152
			2	3,00	2,99	—
				3,00	2,99	—
15	Aluminium-Bronze	4 G	1	3,99	12,00	1195
16	Aluminium-Bronze	9 G	1	3,99	12,00	987
			2	2,99	2,98	—
				2,99	2,97	—
17	Rein-Kupfer	22 K	1	3,99	12,00	1333
			2	3,00	2,99	—
				3,00	3,00	—
18	Rein-Kupfer	22 K*	1	3,99	12,00	1300
			2	3,00	2,99	—
				3,00	3,00	—

Grenz-Modul γ t/cm²	Stauch-grenze σ t/cm²	Bei einer Inanspruchnahme von t absolut	t/cm²	betrug die Stauchung in %	Bemerkungen
0,840	1,68*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	77,8	11,16	26,0	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	77,9	11,10	25,9	» » »
	Mittel	77,9	11,13	26,0	
0,990	1,60*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	86,4	12,13	33,2	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
1,060	1,51	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	70,6	9,99	30,3	Plötzlicher Bruch.
—	—	77,0	10,89	30,0	» »
	Mittel	73,8	10,44	30,2	
0,840	1,46	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	87,2	12,33	38,7	Plötzlicher Bruch.
—	—	83,7	11,92	37,6	» »
	Mittel	85,5	12,13	38,2	
1,060	2,00	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	72,8	10,30	28,4	Plötzlicher Bruch.
—	—	75,2	10,64	27,5	» »
	Mittel	74,0	10,47	28,0	
0,800	1,50	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
0,340	0,96	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	120,0	17,09	51,0	Probe mit stark welliger Oberfläche vollkommen intakt ausrangiert.
—	—	120,0	17,09	49,8	
	Mittel	120,0	17,09	50,4	
0,072	0,80*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	120,0	16,97	29,4	Proben mit welliger Oberfläche vollkommen intakt ausrangiert.
—	—	120,0	16,97	29,3	
	Mittel	120,0	16,97	29,4	
0,136	0,96*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	120,0	16,97	29,4	Proben mit welliger Oberfläche vollkommen intakt ausrangiert.
—	—	120,0	16,97	29,0	
	Mittel	120,0	16,97	29,2	

*) Unsicher.

H. Resultate der umfassenden Biegeproben.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Querschnittsgrössen der Barren: Breite cm	Dicke cm	Freilage cm	Trägheits-Moment cm^4	Widerstands-Moment cm^3	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	An der Proportion.-Grenze: Spannung γ t/cm²	Durchbiegung f cm	Def.-Arbeit A t cm
1	Rein-Aluminium	25 G	1	5,00	5,00	80,0	52,08	20,83	598	0,28	0,10	0,02½
2	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	1	5,02	5,01	80,0	52,66	20,98 (reduziert)	671	0,53	0,17 (0,17)	0,047 (0,048)
3	Alum.-Bronze	15 G	2	5,05	5,01	80,0	52,92	21,13	1349	2,25	0,36	0,43
				4,99	5,00	»	51,98	20,79	1347	2,29	0,37	0,44
								Mittel (reduziert)	1348	2,27	0,37 (0,37)	0,44 (0,44)
4	Alum.-Bronze	13 G	2	5,02	5,00	80,0	52,29	20,92	1212*)	1,80*)	0,32*)	0,30*)
				5,02	5,04	»	53,56	21,25	1179	2,59	0,47	0,65
								Mittel (reduziert)	1179	2,59	0,47 (0,48)	0,65 (0,67)
5	Alum.-Bronze	8 G	2	5,07	5,06	80,0	54,73	21,63	1286	2,20	0,37	0,44
				5,06	4,97	»	51,14	20,66	1299	2,30	0,39	0,46
								Mittel (reduziert)	1293	2,25	0,38 (0,39)	0,45 (0,46)
6	Alum.-Bronze	12 G	2	5,02	5,10	80,0	55,49	21,76	1277	2,19	0,36	0,43
				5,07	5,04	»	54,09	21,46	1282	1,99	0,33	0,35
								Mittel (reduziert)	1280	2,09	0,35 (0,37)	0,39 (0,41)
7	Alum.-Bronze	16 G	2	5,00	4,96	80,0	50,84	20,50	1196	1,10	0,20	0,11
				4,96	5,04	»	52,91	21,00	1214	0,84	0,15	0,07
								Mittel (reduziert)	1205	0,97	0,18 (0,18)	0,09 (0,09)
8	Alum.-Bronze	11 G	2	5,02	4,86	80,0	48,02	19,76	*)	*)	*)	*)
				5,05	5,08	»	55,17	21,72	1231	1,27	0,22	0,15
								Mittel (reduziert)	1231	1,27	0,22 (0,23)	0,15 (0,16)
9	Alum.-Bronze	6 G	2	5,03	5,01	80,0	52,71	21,04	1206	1,43	0,25	0,19
				»	»	»	»	»	1178	1,55	0,28	0,23
								Mittel (reduziert)	1192	1,49	0,27 (0,27)	0,21 (0,21)

*) Wegen Gussfehlern nicht massgebend.

H. Resultate der umfassenden Biegeproben.

Gegossenes Material.

Bei einer Faserspannung von t/cm²								An der Grenze des Tragvermögens			Bemerkung
2,00		4,00		6,00		8,00		Spannung	Durchbiegung	Def.-Arbeit	
f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	β t/cm²	f cm	A tcm	
—	—	—	—	—	—	—	—	1,23	c.14,50	14,70	Probe ist intakt geblieben.
—	—	—	—	—	—	—	—	2,08	3,11	5,30	Querbruch.
									(3,14)	(5,35)	
0,32	0,34	0,66	1,43	1,06	3,58	—	—	7,46	1,46	6,40	»
0,32	0,33	0,65	1,35	1,04	3,40	—	—	7,50	1,49	6,50	»
0,32	0,34	0,66	1,39	1,05	3,49	—	—	7,48	1,48	6,45	
(0,32)	(0,34)	(0,67)	(1,40)	(1,06)	(3,52)	—	—		(1,49)	(6,51)	
—	—	—	—	—	—	—	—	4,19*)	0,85*)	2,00*)	»
0,36	0,38	0,76	1,66	1,35	4,80	2,17	10,88	9,36	3,02	18,73	»
0,36	0,38	0,76	1,66	1,35	4,80	2,17	10,88	9,36	3,02	18,73	
(0,37)	(0,39)	(0,78)	(1,71)	(1,39)	(4,94)	(2,24)	(11,21)		(3,11)	(19,29)	
0,33	0,36	0,76	1,80	1,56	6,15	—	—	6,59	1,90	8,40	»
0,34	0,35	0,78	1,73	1,58	5,95	—	—	6,05	1,61	6,20	»
0,34	0,36	0,77	1,77	1,57	6,05	—	—	6,32	1,76	7,30	
(0,35)	(0,37)	(0,79)	(1,81)	(1,60)	(6,17)	—	—		(1,80)	(7,45)	
0,33	0,36	0,69	1,50	1,22	4,50	—	—	7,70	1,88	9,38	»
0,34	0,37	0,71	1,55	1,25	4,40	2,10	10,85	8,15	2,20	11,70	»
0,34	0,37	0,70	1,53	1,24	4,45	2,10	10,85	7,93	2,04	10,54	
(0,36)	(0,39)	(0,74)	(1,61)	(1,30)	(4,67)	(2,18)	(11,28)		(2,14)	(11,07)	
0,48	0,58	9,31	31,25	—	—	—	—	4,27	12,46	44,45	bei 4,38 t intakt ausrangiert.
0,50	0,63	8,91	30,25	—	—	—	—	4,19	13,60	50,55	bei 4,40 t intakt ausrangiert.
0,49	0,61	9,11	30,75	—	—	—	—	4,23	13,03	47,50	
(0,49)	(0,61)	(9,11)	(30,75)	—	—	—	—		(13,03)	(47,50)	
*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	
0,40	0,47	3,08	10,20	—	—	—	—	—	9,30	41,65	Querbruch.
0,40	0,47	3,08	10,20	—	—	—	—	5,18	9,30	41,65	
(0,42)	(0,50)	(3,26)	(10,18)	—	—	—	—		(9,86)	(44,15)	
0,40	0,46	5,31	17,70	—	—	—	—	4,99	15,00	64,25	bei 5,25 t intakt ausrangiert.
0,40	0,45	5,17	17,20	—	—	—	—	5,04	14,80	63,55	bei 5,30 t intakt ausrangiert.
0,40	0,46	5,24	17,45	—	—	—	—	5,02	14,90	63,90	
(0,40)	(0,46)	(5,29)	(17,62	—	—	—	—		(15,05)	(64,54)	

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Querschnittsgrössen der Barren					Elasticitäts-Modul	An der Proportion.-Grenze		
				Breite	Dicke	Freilage	Trägheits-Moment	Widerstands-Moment		Spannung	Durchbiegung	Def.-Arbeit
				cm	cm	cm	cm^4	cm^3	ε t/cm^2	γ t/cm^2	f cm	A t cm
10	Alum.-Bronze	2 G	2	5,01	5,05	80,0	53,77	21,29	1209	1,77	0,31	0,29
				»	»	»	»	»	1115	1,77	0,34	0,32
								Mittel	1162	1,77	0,33	0,31
								(reduziert)			(0,34)	(0,32)
11	Alum.-Bronze	1 G	2	5,04	5,08	80,0	55,06	21,68	1156	1,61	0,30	0,26
				5,07	5,04	»	54,09	21,46	1099	1,52	0,30	0,24
								Mittel	1128	1,57	0,30	0,25
								(reduziert)			(0,31)	(0,26)
12	Alum.-Bronze	14 G	2	5,01	5,01	80,0	52,50	20,96	1150	1,56	0,29	0,24
				5,02	5,02	»	52,92	21,08	1155	1,78	0,34	0,32
								Mittel	1153	1,67	0,32	0,28
								(reduziert)			(0,32)	(0,28)
13	Alum.-Bronze	5 G	2	5,03	4,99	80,0	52,08	20,87	1162	1,56	0,29	0,24
				5,04	5,01	»	52,82	21,08	1154	1,55	0,29	0,24
								Mittel	1158	1,56	0,29	0,24
								(reduziert)			(0,29)	(0,24)
14	Alum.-Bronze	3 G	2	5,06	5,07	80,0	54,95	21,68	1111	1,96	0,38	0,40
				5,04	»	»	54,73	21,59	1068	1,97	0,39	0,42
								Mittel	1090	1,97	0,39	0,41
								(reduziert)			(0,41)	(0,43)
15	Alum.-Bronze	4 G	2	5,00	5,00	80,0	52,08	20,83	1171	1,44	0,27	0,20
				5,04	4,97	»	51,56	20,75	1066*)	1,45*)	—	—
								Mittel	1171	1,44	0,27	0,20
								(reduziert)			(0,27)	(0,20)
16	Alum.-Bronze	9 G	2	5,06	4,90	80,0	49,61	20,25	1097	0,64	0,13	0,04
				5,02	4,74	»	44,55	18,80	1125	0,64	0,13	0,04
								Mittel	1111	0,64	0,13	0,04
								(reduziert)			(0,12)	(0,04)
17	Rein-Kupfer	22 K	1	5,03	5,01	25,20	52,70	21,04	1221	0,59	0,10	0,03
								(reduziert)			(0,10)	(0,03)
18	Rein-Kupfer	22 K*	1	5,02	5,02	25,10	52,91	21,08	1204	0,59	0,11	0,03
								(reduziert)			(0,11)	(0,03)

*) Wegen Gussfehlern nicht massgebend.

Bei einer Faserspannung von t/cm²								An der Grenze des Tragvermögens			Bemerkungen
2,00		4,00		6,00		8,00		Spannung	Durchbiegung	Def.-Arbeit	
f cm	A t cm	f cm	A t cm	f cm	A t cm	f cm	A t cm	β t/cm²	f cm	A t cm	
0,37	0,41	1,53	4,40	7,05	34,90	—	—	6,11	7,62	38,63	bei 6,5 t gespannte Faser, anrissig.
0,40	0,44	1,70	4,95	7,95	39,25	—	—	6,46	11,98	65,90	bei 6,88 t gespannte Faser, anrissig.
0,39	0,43	1,62	4,68	7,50	37,08	—	—	6,29	9,80	52,27	
(0,40)	(0,44)	(1,67)	(4,82)	(7,73)	(38,19)	—	—		(10,09)	(53,84)	
0,41	0,48	5,58	19,20	—	—	—	—	4,89	13,50	57,93	bei 5,3 t intakt ausrangiert.
0,44	0,52	6,27	21,45	—	—	—	—	4,89	15,37	65,10	bei 5,25 t intakt ausrangiert.
0,43	0,50	5,93	20,33	—	—	—	—	4,89	14,44	61,52	
(0,45)	(0,53)	(6,23)	(21,35	—	—	—	—		(15,16)	(64,60)	
0,41	0,45	2,34	7,00	11,53	57,35	—	—	6,13	14,00	72,85	bei 6,42 t intakt ausrangiert.
0,39	0,42	2,15	6,60	10,93	54,95	—	—	6,26	14,20	76,05	bei 6,60 t intakt ausrangiert.
0,40	0,44	2,25	6,80	11,23	56,15	—	—	6,20	14,10	74,45	
(0,40)	(0,44)	(2,27)	(6,87)	(11,34)	(56,71)	—	—		(14,24)	(75,19)	
0,41	0,46	5,93	19,70	—	—	—	—	4,70	12,50	49,80	bei 4,9 t intakt ausrangiert.
0,42	0,48	6,11	20,80	—	—	—	—	4,84	14,50	60,15	bei 5,1 t intakt ausrangiert.
0,42	0,47	6,02	20,25	—	—	—	—	4,77	13,50	54,98	
(0,42)	(0,47)	(6,08)	(20,45	—	—	—	—		(13,64)	(55,53)	
0,39	0,42	1,13	3,00	3,05	13,60	9,84	66.50	8,12	12,50	89,70	bei 8,8 t intakt ausrangiert.
0,40	0,43	1,18	3,10	3,36	15,20	11,94	82,40	8,15	14,50	104,60	bei 8,8 t intakt ausrangiert.
0,40	0,43	1,16	3,05	3,21	14,40	10,89	74,45	8,14	13,50	97,15	
(0,43)	(0,45)	(1,22)	(3,20)	(3,37)	(15,10)	(11,43)	(78,2)		(14,20)	(102,1)	
0,40	0,43	5,23	17,30	—	—	—	—	5,17	15,00	64,45	bei 5,38 t intakt ausrangiert.
—	—	—	—	—	—	—	—	4,05*)	—	—	
0,40	0,43	5,23	17,30	—	—	—	—	5,17	15,00	64,45	
(0,40)	(0,43)	(5,23)	(17,30)	—	—	—	—		(15,00)	(64,45)	
2,03	3,33	—	—	—	—	—	—	2,91	13,92	33,48	bei 2,95 t intakt ausrangiert.
2,97	4,68	—	—	—	—	—	—	2,87	15,10	32,95	bei 2,70 t intakt ausrangiert.
2,50	4,01	—	—	—	—	—	—	2,89	14,51	33,22	
(2,25)	(3,61)	—	—	—	—	—	—		(13,06)	(29,90)	
—	—	—	—	—	—	—	—	2,61	12,79	31,90	bei 2,75 t intakt ausrangiert.
									(12,92)	(32,22)	
—	—	—	—	—	—	—	—	2,66	10,81	26,80	bei 2,80 t intakt ausrangiert.
									(10,91)	(27,07)	

I. Resultate der Torsionsproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. III IV u. V.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abbildung No. in Tafel III, IV u. V	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung		
						Al %	Cu %	Zn %
1	Aluminium-Bronze	25 G	16	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	2	98,45	—	—
								Mittel
2	Aluminium-Bronze (als Reinaluminium geliefert)	26 G	—	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	—	94,03	2,25	—
3	Aluminium-Bronze	15 G	1	goldgelb	2	10,42	87,56	—
								Mittel
4	Aluminium-Bronze	13 G	2	goldgelb	2	10,32	86,79	—
								Mittel
5	Aluminium-Bronze	8 G	3	goldgelb	2	10,23	86,54	—
								Mittel
6	Aluminium-Bronze	12 G	4	goldgelb	2	10,05	86,07	—
								Mittel
7	Aluminium-Bronze	16 G	4*	goldgelb	2	9,41	89,54	—
								Mittel
8	Aluminium-Bronze	11 G	6	goldgelb	2	8,73	89,13	—
								Mittel
9	Aluminium-Bronze	6 G	7	goldgelb	2	8,12	88,70	—
								Mittel
10	Aluminium-Bronze	2 G	8	goldgelb	2	8,05	89,26	—
								Mittel

I. Resultate der Torsionsproben.

Gegossenes Material. Vergl. Tafel No. III, IV u. V.

Elasticitäts-Modul für Schub ε' t/cm²	Elasticitäts-Grenze für Schub t/cm²	Verwindg. a.d. Elast.-Grenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bruch bei der max. Schubspannung τ t/cm²	Verwindg. b. Bruch auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bemerkungen
—	—	—	—	1,08	417	1609	Bruch ca. im Drittel der Barrenlänge; keine Elasticitäts-Grenze.
—	—	—	—	1,17	402	1639	
—	—	—	—	1,13	410	1624	
—	—	—	—	—	—	—	nicht ausgeführt.
519	1,670	2,91	11,91	5,122	15,0	237	Bruch dicht am Hebel an der Einspannstelle, sehr zersplittert, einige Bruchstücke weit abgeschleudert.
512	2,034	3,60	17,70	4,698	13,3	192	Bruch in der Mitte sehr zersplittert.
516	1,852	3,26	14,81	4,910	14,2	215	
457	1,368	2,75	9,30	4,086	11,4	130	Bruch innerhalb der Messlänge von 50 cm; Bruchfläche muschlig, unregelmässig.
460	1,296	2,55	7,89	5,598	21,5	367	Bruch sehr zersplittert in der Mitte.
459	1,332	2,65	8,60	4,842	16,5	249	
504	0,927	1,67	3,61	4,374	21,4	307	Bruch nächst dem Hebel, aber ausserhalb der Einspannbüchse, doch wahrscheinlich von derselben beeinflusst.
498	1,116	2,03	5,40	5,454	42,3	819	Bruch unregelmässig, zersplittert in der Mitte.
501	1,022	2,65	4,50	4,914	31,9	563	
529	1,300	2,23	6,94	6,132	31,9	677	Bruch nahe am Hebel, aber ausserhalb der Einspannbüchse.
512	1,476	2,61	9,25	6,525	41,4	1041	Bruch in der Mitte, sehr zersplittert.
521	1,388	2,42	8,10	6,329	36,7	859	
425	0,550	1,17	1,56	4,460	505	7593	Bruch dicht am Hebel, aber infolge der abgerundeten Kanten der Büchsen kaum mehr von diesen beeinflusst.
428	0,558	1,18	1,57	4,536	553	8526	Bruch näher am Hebel, aber im freien Stück.
427	0,554	1,18	1,57	4,498	529	8060	
440	0,724	1,51	2,67	3,980	253	3806	Bruch an einer Fehlerstelle nahe am Hebel, aber unbeeinflusst von der Einspannstelle.
437	0,738	1,53	2,72	3,582	192	2563	Bruch durch einen Fehler beeinflusst in der Mitte.
439	0,731	1,52	2,70	3,781	223	3185	
463	0,698	1,36	2,31	4,680	394	6091	Bruch an der Einspannstelle im Sperrad.
464	0,648	1,28	2,15	5,130	488	8356	Bruch nahe am Hebel unbeeinflusst von der Einspannung, kleiner Gussfehler nächst einer Ecke.
464	0,673	1,32	2,23	4,905	441	7224	
450	0,702	1,41	3,42	4,698	231	4083	Bruch an der Einspannstelle im Sperrad.
433	0,738	1,54	2,78	4,734	257	4599	Bruch nächst dem Hebel, aber unbeeinflusst von der Einspannung.
442	0,720	1,48	3,10	4,716	244	4341	

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abbildung No. in Tafel III. IV u. V	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung		
						Al %	Cu %	Zn %
11	Aluminium-Bronze	1 G	12	goldgelb	2	7,92	89,60	—
								Mittel
12	Aluminium-Bronze	14 G	9	goldgelb	2	7,72	89,53	—
								Mittel
13	Aluminium-Bronze	5 G	10	goldgelb	2	7,50	90,43	—
								Mittel
14	Aluminium-Bronze	3 G	11	goldgelb, Stich ins Rötliche	2	7,08	89,67	—
								Mittel
15	Aluminium-Bronze	4 G	13	goldgelb, Stich ius Rötliche	2	5,92	91,17	—
								Mittel
16	Aluminium-Bronze	9 G	14	rötlichgelb	2	4,62	93,35	—
								Mittel
17	Rein-Kupfer	22 K	—	kupferrot	—	—	—	—

Elasticitäts-Modul für Schub ε' t/cm²	Elasticitäts-Grenze für Schub t/cm²	Verwindg. a.d.Elast.-Grenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad.	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bruch bei der max. Schubspannung τ t/cm²	Verwindg. b. Bruch auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bemerkungen
496	0,630	1,18	1,94	4,356	388	5303	Bruch an der Einspannstelle im Sperrrad.
442	0,558	1,14	1,52	4,914	479	7983	Bruch in der Mitte.
469	0,594	1,16	1,23	4,635	434	6643	
432	0,735	1,54	2,74	5,030	292	5274	Bruch an einer schon früher sichtbar gewordenen Fehlerstelle.
446	0,648	1,39	2,18	4,950	308	5473	Bruch in der Mitte.
439	0,692	1,47	2,46	4,990	300	5374	
470	0,514	0,99	1,225	4,400	364	5312	Bruch an der Einspannstelle im Sperrrad.
447	0,648	1,32	2,110	5,166	504	8533	Bruch in der Mitte.
459	0,581	1,16	1,668	4,783	434	6923	
450	1,044	2,09	5,295	5,166	192	3918	Bruch nahe am Strich für Befestigung des Fixierzeigers und z. T. in demselben, zugleich in der Längsrichtung nach einem Strich aufgerissen.
433	0,738	1,54	2,770	5,454	211	4476	Bruch im freien Stück, näher am Hebel, vielleicht durch die Längsteillinien etwas beeinflusst, in der, der Mitte zunächst liegenden solchen Linie aufgerissen.
442	0,891	1,82	4,033	5,310	201	4197	
440	0,514	1,06	1,32	4,400	430	6148	Bruch an der Einspannstelle im Hebel.
433	0,558	1,17	1,54	4,824	564	8596	Bruch in der Mitte.
437	0,536	1,12	1,43	4,612	497	7372	
512	0,360	0,65	0,573	4,618	646	9281	Bruch an der Einspannstelle im Hebel.
501	0,378	0,68	0,607	5,526	988	17614	Bruch nahe am Hebel, aber unbeeinflusst von der Einspannung.
507	0,369	0,67	0,590	5,072	817	13448	
—	—	—	—	—	—	—	nicht ausgeführt.

K. Resultate der Abnützungs-Versuche.

Gegossenes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzel-Proben	Weg des Probekörpers auf der Schleifscheibe (total) km	Bei einer Belastung von 50 kg/cm² der Projektion der Schleiffläche Gewichtsverlust: total gr	pr. 100 km Weg gr	pr. 100 km Weg u. cm² Schleifflch. gr	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	25 G	—	—	—	—	—	nicht geprüft.
2	Aluminium-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	—	—	—	—	—	» »
3	Aluminium-Bronze	15 G	2	200,51	0,412	0,205	0,022	Spuren von Schmieren.
4	» »	13 G	2	312,06	0,390	0,125	0,014	» » »
5	» »	8 G	2	—	—	—	—	nicht geprüft.
6	» »	12 G	2	312,25	0,151	0,048	0,005	Spuren von Schmieren.
7	» »	16 G	2	310,36	0,921	0,297	0,033	» » »
8	» »	11 G	2	307,24	0,747	0,243	0,626	» » »
9	» »	6 G	2	309,03	1,296	0,419	0,045	» » »
10	» »	2 G	2	164,00	2,889	1,152	0,114	beginnt zu schmieren.
11	» »	1 G	2	325,28	5,694	1,755	0,189	schwaches Schmieren [1]).
12	» »	14 G	2	299,51	0,696	0,332	0,025	Spuren von Schmieren.
13	» »	5 G	2	317,60	3,898	1,227	0,133	schwaches Schmieren.
14	» »	3 G	2	268,41	5,676	2,115	0,228	ziemlich starkes Schmieren.
15	» »	4 G	2	—	—	—	—	unbrauchbar, läuft warm, starkes Schmieren.
16	» »	9 G	2	—	—	—	—	unbrauchbar, läuft warm, schmiert sehr stark.
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	—	nicht geprüft.
18	» »	22 K*	—	—	—	—	—	» »
19	» »	NOB [2])	2	102,77	1,134	1,103	0,119	schwaches Schmieren, immerhin stärker ausgeprägt als bei No. 10 und 12.
20	Weissmetall	WW [3])	2	99,47	1,002	1,007	0,104	

[1]) *„Schmieren"* bedeutet hier die durch Verschiebung der kleinsten Partikelchen der Probekörper an der Schleiffläche beobachtete Breitung bei gleichzeitig starker Abnützung und Warmlaufens.

[2]) NOB. ist Lager-Komposition, 80,65 % Zn + 7,55 % Cu + 11,90 % An + 0,25 % Pb.

[3]) WW ist Weissmetall mit folgender Zusammensetzung: 1,10 % Cu + 19,05 % An + 13,00 % Zn + 67,10 % Pb

Ordnet man vorstehende Resultate nach Massgabe der Abnützung und stellt diese Zahlen den chemischen Zusammensetzungen der Aluminium-Legierungen gegenüber, so erhält man:

No. der Probe	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Chemische Zusammensetzung Al %	Cu %	Si %	Bei 5,0 kg/cm² Belastung Gew.-Verlust in gr pr. 100 km u. 1,0 cm² der Schleiffläche	Bemerkungen
6	Aluminium-Bronze	12 G	10,05	86,07	2,48	0,005	
4	» »	13 G	10,32	86,79	2,17	0,014	
3	» »	15 G	10,42	87,56	1,13	0,022	
12	» »	14 G	7,72	89,53	1,93	0,025	
8	» »	11 G	8,73	89,13	1,22	0,026	
7	» »	16 G	9,41	89,54	0,67	0,033	
9	» »	6 G	8,12	88,70	1,52	0,045	
19	Lager-Komposition	NOB	—	—	—	0,109	Lager-Komposition der Schweiz. Nordostbahn.
10	Aluminium-Bronze	2 G	8,05	89,26	1,83	0,114	beginnt zu schmieren.
20	Weissmetall	WW	—	—	—	0,119	Wolfram-Mangan-Weissmetall.
13	Aluminium-Bronze	5 G	7,50	90,43	1,56	0,133	schwaches Schmieren.
11	» »	1 G	7,92	89,60	1,47	0,189	» »
14	» »	3 G	7,08	89,67	2,72	0,228	starkes Schmieren.
15	» »	4 G	5,92	91,17	2,12	—	unbrauchbar; die Kompositionen laufen warm und schmieren.
16	» »	9 G	4,62	93,35	0,98	—	

L. Resultate der dynamischen Festigkeitsproben.

Gegossenes Material.

a. Resultate der Schlag-Zugproben.

1. Übersicht über die Bezeichnung, Abmessungen und Versuchsbedingungen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Abmessungen, Rauminhalte				Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge				
			Durchmesser cm	Querschnitt F cm^2	Versuchslänge cm	Inhalt V cm^3	Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
1	Rein-Alum.	25 G	1,31	1,35	19,2	25,90	Fallhöhe in m	0,357	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,10	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,81	—	—	—
	» »	»	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,10	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	—	—	—
2	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	—	—	—	—	nicht untersucht	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	15 G	1,31	1,35	20,5	27,65	Fallhöhe in m	0,5	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	1,02	—	—	—
	» »	»	1,30	1,33	18,8*	25,00	Fallhöhe in m	0,345	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	19,4	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,78	—	—	—
4	Alum.-Bronze	13 G	1,52	1,81	22,0	39,82	Fallhöhe in m	0,5	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,71	—	—	—
	» »	»	1,31	1,35	20,2	27,27	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	—	—	—
5	Alum.-Bronze	8 G	1,33	1,39	22,0	30,58	Fallhöhe in m	0,41	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	23,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	—	—	—

*) Die Messlänge betrug nur 18,0 cm.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Abmessungen, Rauminhalte: Durchmesser cm	Querschnitt F cm²	Versuchslänge cm	Inhalt V cm³	Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge: Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
5	Alum.-Bronze	8 G	1,32	1,37	22,0	30,14	Fallhöhe in m	0,41	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	23,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	—	—	—
6	Alum.-Bronze	12 G	1,31	1,35	22,7	30,65	Fallhöhe in m	0,50	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,92	—	—	—
	» »	»	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,75	—	—	—
7	Alum.-Bronze	16 G	1,31	1,35	20,5	27,65	Fallhöhe in m	0,5 [1]	0,75 [2]	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	1,02	1,53	2,29	—
	» »	»	1,30	1,33	20,7	27,53	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	1,53	2,30	—
8	Alum.-Bronze	11 G	1,53	1,84	20,5	37,72	Fallhöhe in m	0,25 [3]	0,5 [4]	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	14,1	28,1	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,37	0,75	—	—
	» »	»	1,30	1,33	22,3	29,66	Fallhöhe in m	0,41	0,82	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	23,1	46,1	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,78	1,56	—	—
9	Alum.-Bronze	6 G	1,49	1,74	21,0	36,54	Fallhöhe in m	0,5	1,0	1,5	2,0
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	56,3	84,4	112,5
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	1,54	2,31	3,08
	» »	»	1,30	1,33	28,5	29,06	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,5
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,73	1,45	2,18	2,90

[1]) Fallhöhe für Schlag 1–6. [3]) Fallhöhe für Schlag 1–11.
[2]) » » » 7–9. [4]) » » » 12–20.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Abmessungen, Rauminhalte				Versuchsbedingungen für die gleichartigen in Gruppen zusammengefassten Schläge				
			Durchmesser cm	Querschnitt F cm^2	Versuchslänge cm	Inhalt V cm^3	Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
10	Alum.-Bronze	2 G	1,50	1,77	20,3	35,93	Fallhöhe in m	0,5	1,0	1,5	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	56,3	84,4	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,78	1,57	2,35	—
	» »	»	1,32	1,37	24,0	32,88	Fallhöhe in m	0,45	0,90	1,35	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	25,3	50,6	75,9	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,54	2,31	—
11	Alum.-Bronze	1 G	1,33	1,39	20,3	28,22	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	1,5	2,24	—
	» »	»	1,31	1,35	20,6	27,81	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,50
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,76	1,52	2,28	3,04
12	Alum.-Bronze	14 G	1,30	1,33	21,3	28,33	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	1,49	2,33	—
	» »	»	1,31	1,35	20,2	27,27	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,78	1,55	2,33	—
13	Alum.-Bronze	5 G	1,28	1,29	21,7	27,99	Fallhöhe in m	0,41	0,82	1,23	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	23,1	46,1	69,2	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,83	1,65	2,48	—
	» »	»	1,31	1,35	20,4	27,54	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	1,50
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,53	2,30	3,06
14	Alum.-Bronze	3 G	1,50	1,77	22,5	39,82	Fallhöhe in m	0,5	1,0	1,5	2,0
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	56,3	84,4	112,5
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,70	1,41	2,11	2,83

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Abmessungen, Rauminhalte: Durchmesser cm	Querschnitt F cm²	Versuchslänge cm	Inhalt V cm³	Versuchsbedingungen für die gleichartigen in Gruppen zusammengefassten Schläge: Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
14	Alum.-Bronze	3 G	1,32	1,37	23,0	31,51	Fallhöhe in m	0,43	0,86	1,29	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	24,2	48,4	72,6	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	1,54	2,30	—
15	Alum.-Bronze	4 G	1,30	1,33	20,6	27,40	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	1,50
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	1,54	2,32	3,09
	» »	»	1,28	1,29	20,75	26,71	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	1,50
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,79	1,58	2,37	3,16
16	Alum.-Bronze	9 G	1,50	1,77	20,3	35,93	Fallhöhe in m	0,50	1,0	1,5	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	56,3	84,4	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,78	1,57	2,35	—
	» »	»	1,30	1,33	20,2	26,87	Fallhöhe in m	0,375	0,75	1,125	1,50
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,79	1,57	2,36	3,14
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	nicht untersucht.	—	—	—	—

2. Übersicht über die Dehnungsverhältnisse.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Gesamtdehnung und Dehnungszunahme pro Schlag in cm								
			Schlaggruppe I				Schlaggruppe II				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Rein-Aluminium	25 G	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
			Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Aluminium-Bronze (als Rein-Alum. eingeliefert)	26 G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Aluminium-Bronze	15 G	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
			Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Aluminium-Bronze	13 G	0,048	0,057	0,077	Bruch	—	—	—	—	—
			0,048	0,009	0,020	—	—	—	—	—	—
			0,068	0,089	Bruch	—	—	—	—	—	—
			0,068	0,021	—	—	—	—	—	—	—
5	Aluminium-Bronze	8 G	0,123	Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			0,123	—	—	—	—	—	—	—	—
			0,116	Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			0,116	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Aluminium-Bronze	12 G	0,064	0,092	Bruch	—	—	—	—	—	—
			0,064	0,028	—	—	—	—	—	—	—
			0,037	0,088	Bruch	—	—	—	—	—	—
			0,037	0,051	—	—	—	—	—	—	—
7	Aluminium-Bronze	16 G	0,668	1,177	1,616	2,013	2,368	2,704	3,237	3,715	4,171
			0,668	0,509	0,439	0,397	0,355	0,336	0,533	0,478	0,456
			0,465	0,850	1,189	1,501	2,139	2,686	3,188	3,649	4,085
			0,465	0,385	0,339	0,312	0,638	0,547	0,502	0,461	0,436

2. Übersicht über die Dehnungsverhältnisse.

auf 20 cm Länge nach dem Schlage.						Bis zum Bruch geleistete Arbeit		Bemerkungen über den Verlauf des Versuches
Schlaggruppe III					Schlag-Gruppe IV	Gesamt	spez.	
10	11	12	13	14	15	mkg	mkg/cm³	
—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	nicht untersucht.
—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	der Stab zerbrach in 3 Teile.
—	—	—	—	—	—	84,3	2,12	
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	42,2	1,55	
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	23,1	0,76	
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	23,1	0,77	
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	56,2	1,83	
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	42,2	1,50	
—	—	—	—	—	—			
4,825	5,455	6,059*)	Bruch	—	—	485,1	17,54	*) nach dem 12. Schlage wurde der untere Einspannkopf abgenommen.
0,654	0,630	0,604	—	—	—			
4,754	5,398	6,014*)	—	Bruch	—	548,6	19,93	*) nach dem 12. Schlage wurde der untere Einspannkopf abgenommen.
0,669	0,644	0,616	—	—	—			

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Gesamtdehnung und Dehnungszunahme pro Schlag in cm								
			Schlaggruppe I				Schlaggruppe II				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Aluminium-Bronze	11 G	0,173	0,296	0,409	0,521	0,610	0,700	0,779	0,866	0,926
			0,173	0,123	0,113	0,112	0,089	0,090	0,079	0,087	0,060
			0,361	0,656	0,920	1,143	1,649	2,107	2,513	Bruch	—
			0,361	0,295	0,264	0,223	0,506	0,458	0,406	—	—
9	Aluminium-Bronze	6 G	0,444	0,753	1,019	1,250	1,768	2,219	2,615	3,010	3,335
			0,444	0,309	0,266	0,231	0,518	0,451	0,396	0,395	0,325
			0,377	0,699	0,970	1,221	1,726	—*)	—	—	—
			0,377	0,322	0,271	0,251	0,505	—	—	—	—
10	Aluminium-Bronze	2 G	0,282	0,511	0,703	0,867	1,258	1,611	1,943	2,238	2,519
			0,282	0,229	0,192	0,164	0,391	0,353	0,332	0,295	0,281
			0,301	0,527	0,718	0,875	1,294	1,664	1,997	2,296	—*)
			0,301	0,226	0,191	0,157	0,419	0,370	0,333	0,299	—
11	Aluminium-Bronze	1 G	0,247[1])	0,596	0,889	1,233[2])	1,569[3])	2,132	2,549	2,944	3,305
			0,247[1])	0,349	0,293	0,344	0,336[3])	0,563	0,417	0,395	0,361
			0,468	0,799	1,171	1,344	1,880	2,352	2,765	3,151	3,522
			0,468	0,331	0,372	0,173	0,536	0,472	0,413	0,386	0,371
12	Aluminium-Bronze	14 G	0,315	0,546	0,745	0,920	1,337	1,703	2,044	2,357	2,644
			0,315	0,231	0,199	0,175	0,417	0,366	0,341	0,313	0,287
			0,319	0,564	0,763	0,930	1,351	1,721	2,058	2,375	2,675
			0,319	0,245	0,199	0,167	0,421	0,370	0,337	0,317	0,300
13	Aluminium-Bronze	5 G	0,489	0,856	1,165	1,429	1,994	2,486	2,918	3,328	3,711
			0,489	0,367	0,309	0,264	0,565	0,492	0,432	0,410	0,383
			0,471	0,840	1,129	1,393	1,929	2,403	2,822	3,209	3,572
			0,471	0,369	0,289	0,264	0,536	0,474	0,419	0,387	0,363

auf 20 cm Länge nach dem Schlage. Schlaggruppe III					Schlag-Gruppe IV	Bis zum Bruch geleistete Arbeit		Bemerkungen über den Verlauf des Versuches
10	11	12	13	14	15	Gesamt mkg	spez. mkg/cm³	
0,995	1,062	1,251	1,431	1,602	1,754	379,9*)	10,07	*) Bruch der Probe erfolgte beim Schlage No. 20. Fortsetzung für die Probe 11 G
0,069	0,067	0,189	0,180	0,171	0,152			
—	—	—	—	—	—	230,7	7,78	
—	—	—	—	—	—			
—[1])	—	—	—	—	—	1322,3[2])	36,19	[1]) Bruch des untern Einspannkopfes, Dehnungsmessungen werden aufgegeben. [2]) Der Bruch des Stabes erfolgte beim Schlage No. 21 (1. aus 2,0 m Fallhöhe).
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	991,7	34,13	*) Bruch des untern Einspannkopfes, Stab ist krumm geworden. Er erhielt dann noch 4 Schläge aus 0,75 m; 5 Schläge aus 1,125 m und 4 Schläge aus 1,5 m; beim 5. Schlage aus 1,5 m erfolgte der Bruch.
—	—	—	—	—	—			
3,020	3,481	Bruch	—	—	—	562,7	15,66	Beide Stäbe sind nach dem ersten Schlage knitterig.
0,501	0,461	—	—	—	—			
—	—	Bruch	—	—	—	506,0	15,40	*) Es wurde der untere Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
—	—	—	—	—	—			
3,876	4,429	4,945	5,427	Bruch	—	521,6	18,48	[1]) Die Fallhöhe betrug nur 0,271 m, die spez. Schlagarbeit 0,54 mkg/cm³. [2]) Beim 4. Schlage wurde die Oberfläche knitterig. [3]) Zur Schlaggruppe I gehörig.
0,571	0,553	0,516	0,482	—	—			
4,106	4,664	5,158	—*)	—	Bruch	611,9	21,80	*) Es brach der untere Einspannkopf, Messungen wurden aufgegeben.
0,584	0,558	0,494	—	—	—			
3,121	3,556	3,971	Bruch	—	—	485,3	17,13	
0,477	0,435	0,415	—	—	—			
3,173	3,634	4,069	Bruch	—	—	485,3	17,80	
0,498	0,461	0,435	—	—	—			
4,306	4,878*)	—	—	Bruch	—	599,7	21,43	*) Der untere Einspannkopf wurde entfernt und die Dehnungsmessungen aufgegeben.
0,595	0,572	—	—	—	—			
4,150	4,687	5,207	5,681[1])	—	—	780,7[2])	28,35	[1]) Der untere Einspannkopf wurde entfernt und die Dehnungsmessungen aufgegeben. [2]) Der Bruch erfolgte beim Schlag No. 17 (3. aus 1,50 m Fallhöhe).
0,578	0,537	0,520	0,474	—	—			

Fortsetzung für die Probe 11 G

No. des Schlages	16	17	18	19
Gesamtdehnung	1,913	2,040	2,172	2,300
Dehnungszunahme	0,159	0,127	0,132	0,128

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Gesamtdehnung und Dehnungszunahme pro Schlag in cm								
			Schlaggruppe I				Schlaggruppe II				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Aluminium-Bronze	3 G	0,145	0,253	0,340	0,407	0,652	0,867	1,044	1,220	1,319
			0,145	0,108	0,087	0,067	0,245	0,215	0,177	0,176	0,099
			0,172	0,293	0,395	0,482	0,761	1,034	1,282	1,512	1,726
			0,172	0,121	0,102	0,087	0,279	0,273	0,248	0,230	0,214
15	Aluminium-Bronze	4 G	0,404	0,715	0,972	1,191	1,656	2,088	2,458	2,787	3,096
			0,404	0,311	0,257	0,219	0,465	0,432	0,370	0,329	0,309
			0,419	0,711	0,976	1,185	1,670	2,082	2,447	2,787	3,102
			0,419	0,292	0,265	0,209	0,485	0,412	0,365	0,340	0,315
16	Aluminium-Bronze	9 G	0,851	1,485	1,981	2,404	3,194	3,850	4,446	5,002	5,510
			0,851	0,634	0,496	0,423	0,790	0,656	0,596	0,556	0,508
			0,675	1,215	1,649	1,996	2,702	3,313	3,884	4,371	4,749
			0,675	0,540	0,434	0,347	0,706	0,611	0,571	0,487	0,378
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bemerkung. Bei Berechnung der Gesamtschlagarbeit bis der Bruch erfolgte, nicht berücksichtigt, dagegen sind die- voll in Anrechnung gebracht.

auf 20 cm Länge nach dem Schlage						Bis zum Bruch geleistete Arbeit		Bemerkung über den Verlauf des Versuches
Schlaggruppe III					Schlag-Gruppe IV	Gesamt	spez.	
10	11	12	13	14	15	mkg	mkg/cm³	
[1] (1,440)	(1,802)	(2,175)	(2,499)	(2,802)	[2] (3,253)	(1153,4)[3]	(28,97)	[1] Bruch des untern Einspannkopfes. Die Wirkung des Schlages auf den Probestab war zu gering und somit die Dehnung vom Schlage No. 10 ab zu klein. [2] Schlag 16 nochmaliger Bruch des Einspannkopfes, Messungen aufgegeben. [3] Bruch des Stabes bei Schlag 18.
(0,121)	(0,362)	(0,373)	(0,324)	(0,303)	(0,451)			
2,128	2,490	2,847	Bruch	—	—	556,6	17,66	
0,402	0,362	0,357	—	—	—			
3,628	4,105	4,586	5,030	5,427	6,065[1]	780,0[2]	28,49	[1] Der untere Einspannkopf wurde entfernt und die Dehnungsmessungen aufgegeben. [2] Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 17 (3. mit 1,5 m Fallhöhe).
0,532	0,477	0,481	0,444	0,397	0,638			
3,638	4,140	4,597	5,057	5,495[1]	—	[2] 1033,9	38,71	[1] Der untere Einspannkopf wurde entfernt, und die Dehnungsmessungen aufgegeben. [2] Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 20 (1. mit 1,875 m Fallhöhe).
0,536	0,502	0,457	0,460	0,438	—			
6,355	7,145[*]	—	—	—	—	—	—	[*] Der Bügel B ist noch 5 mm von der Fussplatte des Bockes G entfernt, kann nicht abgenommen werden; **der Stab wird durchgeschnitten.**
0,845	0,790	—	—	—	—			
5,532	6,274[1]	—	—	—	—	780,7[2]	29,05	[1] Der untere Einspannkopf wird herausgenommen und Messung aufgegeben. [2] Der Bruch des Stabes erfolgte beim Schlage No. 17 (3. aus 1,5 m Fallhöhe).
0,783	0,742	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	nicht untersucht.

zum Bruch ist die Wirkung desjenigen Schlages, bei dem jenigen Schläge, bei denen ein Bruch des Einspannkopfes eintrat,

3. Übersicht über die Bruchdehnungen und das Aussehen der Bruchflächen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Länge der Teilung cm	Abstand der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 20 cm je 10 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 10 cm je 5 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf die Länge der Teilung %	Beschaffenheit der Bruchflächen
1	Rein-Aluminium	25 G	18,0	1,0	—	11,1	9,5	Oberfläche: knitterig, mit vielen aufgerissenen Poren. Bruchfläche: silberweiss, krystallinisch, uneben.
			18,0	8,0	—	9,5	8,0	
				Mittel	—	10,3	8,75	
2	Alum.-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	—	—	—	—	—	Nicht untersucht.
3	Alum.-Bronze	15 G	20,0	3,0	0,2	0,3	0,2	rötlichgelb mit hellglänzendem, blätterigem Gefüge u. strahlenförmig von einer glänzenden weissen Stelle ausgehenden Bruchlinie. Oberfläche: unverändert.
			18,0	Der Stab ist in 3 Stücke zersprungen.				
				Mittel	—	—	—	
4	Alum.-Bronze	13 G	21,0	5,0	0,5	0,6	0,4	hellgelbglänzend, kurzschuppig bis krystallinisch-blätterig. Oberfläche: unverändert.
			20,0	2,0	0,3	0,5	0,2	
				Mittel	0,4	0,6	0,3	
5	Alum.-Bronze	8 G	22,0	Bruch nahe der letzten Marke.			0,6	hellgrau, feinkörnig eben. Oberfläche: unverändert.
			21,0	Bruch ausserhalb der Teilung.			0,2	
				Mittel	—	—	0,4	
6	Alum.-Bronze	12 G	22,0	2,0	0,4	0,4	0,2	hellgrau feinkörnig, uneben. Oberfläche: unverändert.
			20,0	Bruch ausserhalb der Teilung.			0,3	
				Mittel	—	—	0,25	
7	Alum.-Bronze	16 G	20,0	8,5	32,7	33,8	32,4	teils goldgelb, kurzschuppig, teils mattgrau, feinblätterig. Oberfläche: knitterig u. knotig.
			20,0	0,5	34,3	37,1	34,6	
				Mittel	33,5	35,5	33,5	
8	Alum.-Bronze	11 G	20,0	6,5	11,8	11,7	11,7	hellglänzend, krystall. blätterig mit rötlichgelben krystall. Stellen. Oberfläche: gleichmässig fein knitterig.
			22,0	8,5	12,5	12,8	12,6	
				Mittel	12,2	12,3	12,2	
9	Alum.-Bronze	6 G	20,0	5,5	43,3	45,8	42,8	graugelb, feinkörn., eben, Bruchrand schuppig. Oberfläche: gleichmässig fein knitterig.
			Die Strichmarken sind nicht mehr zu erkennen.					
				Mittel	—	—	—	

3. Übersicht über die Bruchdehnungen und das Aussehen der Bruchflächen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Länge der Teilung cm	Abstand der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 20 cm je 10 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 10 cm je 5 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf die Länge der Teilung %	Beschaffenheit der Bruchflächen
10	Alum.-Bronze	2 G	20,0	9,0	18,8	18,9	18,5	rötlichgelb, teils hellglänzend, feinblätterig, teils feinkörnig, uneben. Oberfläche: feinknitterig und knotig.
			24,0	1,0	19,3	19,5	18,4	
				Mittel	19,1	19,2	18,5	
11	Alum.-Bronze	1 G	20,0	3,0	28,5	30,1	27,5	matt rotgelb, schuppig mit hellen, krystall. blättrigen Stellen; Bruchrand gezackt. Oberfläche: feinknitterig mit knotigen Stellen.
			Die Strichmarken sind nicht mehr zu erkennen.					
				Mittel	—	—	—	
12	Alum.-Bronze	14 G	21,0	5,0	20,6	21,0	21,0	rötlichgelb, kurzschuppig mit kleinen hellglänzenden, blätterigen Stellen; Rand gezackt. Oberfläche: feinknitterig und knotig.
			20,0	1,0	20,9	21,8	20,8	
				Mittel	20,8	21,4	20,9	
13	Alum.-Bronze	5 G	21,0	4,5	30,3	31,9	31,6	rotgelb mit hellglänzenden blätterigen Stellen, kurzschuppig; Bruchrand gezackt. Oberfläche: gleichmässig knitterig.
			20,0	7,5	38,4	39,7	37,6	
				Mittel	34,4	35,8	34,6	
14	Alum.-Bronze	3 G	22,0	2,0	18,9	20,0	18,3	graugelb, schuppig mit blätterigen Stellen, uneben mit gezacktem Bruchrand. Oberfläche: gleichmässig feinknitterig.
			22,0	1,0	15,4	17,7	16,0	
				Mittel	17,2	18,9	17,2	
15	Alum.-Bronze	4 G	20,0	0,5	33,9	35,0	33,3	rotgelb mit hellglänzenden blätterigen Stellen, kurzschuppig; Bruchrand gezackt. Oberfläche: gleichmässig knitterig.
			Die Strichmarken sind nicht mehr zu erkennen.					
				Mittel	—	—	—	
16	Alum.-Bronze	9 G	20,0	Der Stab ist nicht zum Bruch gebracht.				gelbglänzend, kurzschuppig, dicht, Trichterbildung. Oberfläche: grobknitterig u. knotig.
			20,0	4,0	54,4	61,7	53,5	
				Mittel	—	—	—	
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	—	Nicht untersucht.

b. Resultate der Schlag-Stauchproben.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Höhenverminderung in % der ursprünglichen								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			1 m (=56,26 mkg Arbeit)				1,5 m (=84,39 mkg Arbeit)				aus der Fall-2 m
1	Aluminium-Bronze	25 G	20,3	32,2	41,2	48,5	57,5	63,5	68,8	—	—
			20,5	32,1	41,1	48,3	57,0	63,2	68,5	—	—
		Mittel	20,4	32,2	41,2	48,4	57,3	63,4	68,7	—	—
2	Aluminium-Bronze (als Rein-Aluminium geliefert)	26 G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Aluminium-Bronze	15 G	1,3	2,3	3,0	3,6	5,3	Bruch	—	—	—
			1,0	2,0	2,7	3,3	5,0	Bruch	—	—	—
		Mittel	1,2	2,2	2,9	3,5	5,2	—	—	—	—
4	Aluminium-Bronze	13 G	1,3	2,3	3,6	4,3	6,3	7,9	Bruch	—	—
			1,0	2,3	3,3	4,3	6,3	Bruch	—	—	—
		Mittel	1,2	2,3	3,5	4,3	6,3	7,9	—	—	—
5	Aluminium-Bronze	8 G	2,3	4,0	5,6	6,9	9,6	11,2	12,9	14,5	Bruch
			2,6	4,3	5,9	6,9	9,2	11,2	13,2	Bruch	—
			2,6	4,3	5,9	7,3	9,2	11,2	Bruch	—	—
		Mittel	2,5	4,2	5,8	7,0	9,3	11,2	13,1	14,5	—
6	Aluminium-Bronze	12 G	1,7	2,7	4,0	5,0	7,0	8,6	Bruch	—	—
			1,3	2,6	4,0	5,0	6,6	8,6	Bruch	—	—
		Mittel	1,5	2,7	4,0	5,0	6,8	8,6	—	—	—
7	Aluminium-Bronze	16 G	7,6	12,2	15,8	18,8	22,4	25,7	28,4	30,7	33,0
			7,7	12,4	16,1	18,7	22,7	26,1	28,4	30,8	33,8
		Mittel	7,7	12,3	16,0	18,8	22,6	25,9	28,4	30,8	33,4
8	Aluminium-Bronze	11 G	6,0	9,7	12,7	15,1	18,4	21,4	23,7	25,8	28,8
			6,0	10,0	13,0	15,6	18,9	21,6	24,3	26,2	29,2
		Mittel	6,0	9,9	12,9	15,4	18,7	21,5	24,0	26,0	29,0

*) Wirksames Bär-Gewicht = 56,26 kg.

b. Resultate der Schlag-Stauchproben.

Höhe nach dem Schlage							Schlagarbeit bis zum Bruch		Bemerkungen
10	11	12	13	14	15	16			
höhe von (=112,52 mkg Arbeit)			2,5 m (=140,65 mkg Arbeit)				Gesamt mkg	spez. mkg/cm³	
—	—	—	—	—	—	—	478,21	22,35	Nach dem 7. Schlage wurde der Versuch beendet, da der Durchmesser des Versuchsstückes grösser geworden war, als der Durchmesser der Schlagfläche des Bärs.
—	—	—	—	—	—	—	478,21	22,24	
—	—	—	—	—	—	—	478,21	22,30	Stark knitterig, sehr porös, beginnende Diagonalrisse.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht untersucht.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,39	Nach dem 5. Schlage feine Längs- und Kantenrisse.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,53	
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,46	
—	—	—	—	—	—	—	393,82	18,32	Nach dem ersten Schlage schwach knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,39	Auf den Bruchflächen viele mattgelbe Stellen.
—	—	—	—	—	—	—	351,63	16,36	
—	—	—	—	—	—	—	562,60	26,29	Nach dem 2. Schlage fein krispelig.
—	—	—	—	—	—	—	478,21	22,24	Nach dem 7. Schlage ein klaffender Längsriss im Mantel.
—	—	—	—	—	—	—	393,82	18,32	
—	—	—	—	—	—	—	478,21	22,28	
—	—	—	—	—	—	—	393,82	18,40	Nach dem 2. Schlage krispelig und knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	393,82	18,32	Die Proben zersprangen in zahlreiche Stücke.
—	—	—	—	—	—	—	393,82	18,36	
36,0	38,3	40,3	42,9	Bruch	—	—	1153,33	53,89	Nach dem ersten Schlage grobknitterig; nach dem 12. Schlage Randabblätterungen.
36,1	38,5	40,5	Bruch	—	—	—	1012,68	47,54	
36,1	38,4	40,4	42,9	—	—	—	1083,00	50,72	
31,4	Bruch	—	—	—	—	—	787,64	37,33	Nach dem ersten Schlage knitterig.
31,9	34,6	Bruch	—	—	—	—	900,16	42,06	Nach dem 9. Schlage feiner Kantenriss.
31,7	34,6	—	—	—	—	—	843,90	39,70	

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Höhenverminderung in % der ursprünglichen aus der Fall-								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			1 m (= 56,26 mkg Arbeit)				1,5 m (= 84,39 mkg Arbeit)				2 m
9	Aluminium-Bronze	6 G	6,3	10,3	13,3	16,0	19,5	22,3	24,7	26,7	29,7
			6,3	10,3	13,3	15,6	18,9	21,9	24,3	26,2	29,2
		Mittel	6,3	10,3	13,3	15,8	19,2	22,1	24,5	26,5	29,5
10	Aluminium-Bronze	2 G	4,6	7,6	9,9	11,9	15,2	17,5	19,9	21,9	24,5
			4,6	7,9	10,3	11,9	15,2	17,9	19,9	21,9	24,8
		Mittel	4,6	7,8	10,1	11,9	15,2	17,7	19,9	21,9	24,7
11	Aluminium-Bronze	1 G	4,7	7,6	10,0[1]	11,6[2]	14,6	16,9	18,9	20,6	23,6
			6,9	11,2	14,5	17,2	20,8	23,8	26,4	28,4	31,4
			6,3	9,6	12,6	15,0	18,3	20,9	22,9	24,9	27,6
		Mittel	5,9	9,5	12,4	14,6	17,9	20,5	22,7	24,6	27,5
12	Aluminium-Bronze	14 G	5,0	8,3	10,6	12,9	16,2	19,2	21,5	23,5	26,5
			5,0	8,6	11,2	13,5	16,8	19,5	22,1	24,1	26,7
		Mittel	5,0	8,5	10,9	13,2	16,5	19,4	21,8	23,8	26,6
13	Aluminium-Bronze	5 G	6,3	10,7	13,7	16,0	19,3	22,3	24,7	26,7	29,7
			6,6	10,9	13,9	16,6	20,0	22,8	25,2	27,2	29,8
		Mittel	6,5	10,8	13,8	16,3	19,7	22,6	25,0	27,0	29,8
14	Aluminium-Bronze	3 G	3,3	6,0	7,6	9,3	12,3	14,7	16,6	18,6	21,3
			3,3	6,0	7,6	9,3	12,3	14,6	16,6	18,5	21,2
		Mittel	3,3	6,0	7,6	9,3	12,3	14,7	16,6	18,6	21,3
15	Aluminium-Bronze	4 G	6,3	10,0	12,3	15,0	18,3	21,3	23,6	25,9	28,6
			6,3	10,3	13,2	15,2	18,9	21,5	23,8	25,8	28,8
		Mittel	6,3	10,2	12,8	15,1	18,6	21,4	23,7	25,9	28,7
16	Aluminium-Bronze	9 G	9,0	14,3	17,9	21,3	24,9	28,2	30,9	33,6	36,5
			9,9	15,2	19,2	21,9	25,8	29,1	31,8	34,1	37,1
		Mittel	9,5	14,8	18,6	21,6	25,4	28,7	31,4	33,9	36,8
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Höhe nach dem Schlage							Schlagarbeit bis zum Bruch		Bemerkungen
10	11	12	13	14	15	16	Gesamt mkg	spez. mkg/cm²	
höhe von (=112,52 mkg Arbeit)			2,5 m (=140,65 mkg Arbeit)						
31,8	34,3	36,1	38,8	41,7	Bruch	—	1293,98	61,33	Bei beiden Proben ist die Mantelfläche nach dem ersten Schlage knitterig. Nach dem 10. Schlage feine Risse am Umfang der Auflageflächen.
31,9	34,2	36,2	38,2	40,9	Bruch	—	1293,98	60,75	
31,9	34,3	36,2	38,5	41,3	—	—	1293,98	61,04	
26,8	29,1	Bruch	—	—	—	—	900,16	42,06	Desgleichen.
27,2	Bruch	—	—	—	—	—	787,64	36,81	
27,0	29,1	—	—	—	—	—	843,90	39,44	
26,2	28,9	30,9	33,6	36,5[3]	Bruch	—	1293,98	60,75	[1] Schwacher Prellschlag auf den Kopf.
34,0	36,0	Bruch	—	—	—	—	900,16	41,87	[2] Desgleichen auf die Seite.
29,9	31,9	33,9	36,5[3]	Bruch	—	—	1153,33	53,89	[3] Feine Risse am Umfang der Auflageflächen. Nach dem ersten Schlag war die Mantelfläche bei allen drei Proben knitterig.
30,0	32,3	32,4	35,1	36,5	—	—	1115,82	52,17	
29,1	Bruch	—	—	—	—	—	787,64	36,81	Nach dem ersten Schlage krispelig. Die Proben bleiben nach dem Bruche zusammenhängend.
29,0	Bruch	—	—	—	—	—	787,64	36,81	
29,1	—	—	—	—	—	—	787,64	36,81	
32,3	34,3	36,7	Bruch	—	—	—	1012,68	47,54	Bei beiden Proben ist die Mantelfläche nach dem ersten Schlage knitterig. Nach dem 12. Schlage feine Risse am Umfang der Auflageflächen.
32,5	34,4	36,4	Bruch	—	—	—	1012,68	47,10	
32,4	34,4	36,6	—	—	—	—	1012,68	47,32	
23,6	Bruch	—	—	—	—	—	787,64	36,98	Desgleichen nach dem 10. Schlage.
23,8	26,5	Bruch	—	—	—	—	900,16	42,06	
23,7	26,5	—	—	—	—	—	843,90	39,52	
31,2	33,2	35,5	Bruch	—	—	—	1012,68	47,54	Desgleichen nach dem 12. Schlage.
—	33,4	35,8	Bruch	—	—	—	1012,68	47,32	
31,2	33,3	35,7	—	—	—	—	1012,68	47,43	
39,2	41,5	43,9	46,2	48,5	50,5	52,5	—	—	Nach dem ersten Schlage grobknitterig, die Proben gingen nicht zum Bruche, waren vollständig windschief geworden.
39,7	42,1	44,0	46,7	49,0	50,7	52,6	—	—	
39,5	41,8	44,0	46,5	48,8	50,6	52,6	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht untersucht.

Nachtrag zu den Schlagstauchproben.

Abmessungen und Volumen der Probekörper.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen der Proben		
					Höhe cm	Durchmesser cm	Volumen cm^3
1	Rein-Aluminium	25 G	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	2	3,01	3,01	21,4
					3,02	3,01	21,5
						Mittel	21,5
2	Aluminium-Bronze (als Reinaluminium geliefert)	26 G	silberweiss; mit Stich ins Bläuliche	—	nicht untersucht		
3	Aluminium-Bronze	15 G	goldgelb	2	3,02	3,01	21,5
					3,00	3,01	21,3
						Mittel	21,4
4	Aluminium-Bronze	13 G	goldgelb	2	3,02	3,01	21,5
					3,03	3,01	21,5
						Mittel	21,5
5	Aluminium-Bronze	8 G	goldgelb	3	3,03	3,00	21,4
					3,03	3,01	21,5
					3,03	3,01	21,5
						Mittel	21,5
6	Aluminium-Bronze	12 G	goldgelb	2	3,01	3,01	21,4
					3,03	3,01	21,5
						Mittel	21,5
7	Aluminium-Bronze	16 G	goldgelb	2	3,03	3,00	21,4
					2,99	3,01	21,3
						Mittel	21,4
8	Aluminium-Bronze	11 G	goldgelb	2	2,99	3,00	21,1
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,3
9	Aluminium-Bronze	6 G	goldgelb	2	3,00	2,99	21,1
					3,01	2,99	21,3
						Mittel	21,2

Nachtrag zu den Schlagstauchproben.

Abmessungen und Volumen der Probekörper.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen der Proben		
					Höhe cm	Durchmesser cm	Volumen cm^3
10	Aluminium-Bronze	2 G	goldgelb	2	3,02	3,00	21,4
					3,02	3,00	21,4
						Mittel	21,4
11	Aluminium-Bronze	1 G	goldgelb	3	3,01	3,00	21,3
					3,03	3,01	21,5
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,4
12	Aluminium-Bronze	14 G	goldgelb	2	3,02	3,01	21,5
					3,03	3,01	21,5
						Mittel	21,5
13	Aluminium-Bronze	5 G	goldgelb	2	3,00	3,01	21,3
					3,02	3,01	21,5
						Mittel	21,4
14	Aluminium-Bronze	3 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	2	3,01	3,00	21,3
					3,02	3,00	21,4
						Mittel	21,4
15	Aluminium-Bronze	4 G	goldgelb, Stich ins Rötliche	2	3,01	3,00	21,3
					3,02	3,00	21,4
						Mittel	21,4
16	Aluminium-Bronze	9 G	rötlichgelb	2	3,01	3,02	21,6
					3,02	3,02	21,6
						Mittel	21,6
17	Rein-Kupfer	22 K	kupferrot	—	nicht untersucht		

c. Resultate der Schlag-Biegeproben.

Stützweite = 45 cm. Fallbärgewicht = 56,14 kg.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite b cm	Höhe h cm	Widerstandsmoment $W = \frac{1}{6} b h^2$	Gesamtdurchbiegung in cm nach den Schlägen aus der Fall- mit den Schlagarbeiten 1,0 / 85,6°) / 56,1	1,5 / 83,5°) / 84,2	2 / 112,2	2,5 / 140,3	3 / 168,3	3,5 / 196,4	4 / 224,6	4 / 224,6	4 / 224,6
1	Rein-Alum.	25 G	4,99	4,99	2071	3,04	6,04	Bruch	—	—	—	—	—	—
			5,00	5,00	2083	3,12	6,15	Bruch	—	—	—	—	—	—
					Mittel	3,08	6,10	—	—	—	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze (als Rein-Alum. geliefert)	26 G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	15 G	5,03	5,00	2096	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
			5,07	5,01	2121	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
					Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Alum.-Bronze	13 G	4,98	5,02	2092	0,01	Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			4,99	4,99	2071	0,05	1,3	Bruch	—	—	—	—	—	—
					Mittel	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Alum.-Bronze	8 G	5,14	4,98	2125	0,10	Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			5,10	5,00	2125	0,16	Bruch	—	—	—	—	—	—	—
					Mittel	0,13	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Alum.-Bronze	12 G	5,03	5,09	2172	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
			5,05	5,04	2138	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
					Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	Alum.-Bronze	16 G	5,04	4,98	2083	0,63	1,44	2,45	3,58	4,83	6,13	7,49	8,63	9,68
			5,02	5,00	2092	0,66	1,49	2,48	3,66	4,91	6,25	7,60	8,77	9,80
					Mittel	0,65	1,47	2,47	3,62	4,87	6,19	7,55	8,70	9,74
8	Alum.-Bronze	11 G	5,05	4,94	2054	0,49	1,15	1,90	2,88	Bruch	—	—	—	—
			5,01	4,97	2063	0,50	1,15	1,93	2,83	3,81	Bruch	—	—	—
					Mittel	0,50	1,15	1,92	2,86	—	—	—	—	—
9	Alum.-Bronze	6 G	5,05	5,03	2129	0,53	1,23	2,06	3,01	4,04	5,14	6,25	7,24	8,11
			5,02	5,00	2092	0,55	1,26	2,15	3,13	4,21	5,34	6,52	7,50	8,37
					Mittel	0,54	1,25	2,11	3,07	4,13	5,24	6,39	7,37	8,24

*) Für Rein-Aluminium bestimmt.

c. Resultate der Schlag-Biegeproben.

Stützweite = 45 cm. Fallbärgewicht = 56,14 kg.

höhen in m		Gesamt Schlagarbeit vor dem Bruch mkg	Bruchaussehen Beschreibung	Bemerkungen
4	4			
in mkg				
224,6	224,6			
—	—	139,1	Bruchfläche: glänzend, silberweiss, feinkörnig, krystall. uneben, senkrecht zur Achse. Oberfläche knitterig.	—
—	—	139,1		
—	—	139,1		
—	—	—		nicht untersucht.
—	—	—	rötlichgelb, dichtes schuppiges Gefüge mit Bruchlinien.	—
—	—	—		
—	—	—		
—	—	56,1	teils grobkörnig, krystallinisch, teils blättrig, krystallinisch, matt rötlich, uneben mit Bruchlinien.	—
—	—	140,4		
—	—	98,3		
—	—	56,1	feinkörn., uneben, hellgrau, matt mit einzelnen goldgelben Ausscheidungen, Bruchlinien. Oberfläche: rissfrei.	—
—	—	56,1		
—	—	56,1		
—	—	—	sehr feinkörnig, teils eben, teils rauh mit Bruchlinien, einzelne poröse Stellen hellgrau matt. Oberfläche: feine Poren.	—
—	—	—		
—	—	—		
(10,25)	—	1656,1	nicht gebrochen.	Beim Schlage No. 6 aus 3,5 m Fallhöhe zeigten beide Proben Kantenrisse. Die Proben kamen nicht zum Bruche, sie setzten beim 4. Schlage aus 4,0 m Fallhöhe auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist daher unsicher.
(10,35)	—	1656,1		
—	—	1656,1		
—	—	393,0	blättrig, schuppig mit feinen krystall. Flächen. Oberfläche: Querrisse auf der Zugseite.	Die erste Probe zeigte beim Schlage No. 4 (2,5 m Fallhöhe), die zweite Probe beim Schlage No. 3 (2,0 m Fallhöhe) Risse.
—	—	561,4		
—	—	477,2		
8,91	9,59	2105,3	nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruche. Sie setzten beim 6. bezw. 5. Schlage aus 4 m Fallhöhe mit der untern Fläche auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung, welche bei der ersten Probe 10,03 cm betrug, ist daher unsicher. Die Stäbe blieben rissfrei.
9,14	(9,77)	1880,7		
9,03	—	1993,0		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite b cm	Höhe h cm	Widerstandsmoment $W = \frac{1}{6} b h^2$	Gesamtdurchbiegung in cm nach den Schlägen aus der Fall- 1,0	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4	4 mit den Schlagarbeiten
						56,1	84,2	112,2	140,3	168,3	196,4	224,6	224,6	224,6
10	Alum.-Bronze	2 G	5,00	5,06	2134	0,43	0,73	1,23	1,85	2,58	Bruch	—	—	—
			5,04	5,08	2168	0,35	0,79	1,33	1,93	Bruch	—	—	—	—
					Mittel	0,39	0,76	1,28	1,89	—		—	—	—
11	Alum.-Bronze	1 G	5,04	5,05	2144	0,55	1,28	2,18	3,17	4,27	5,43	6,63	7,66	8,54
			5,06	5,04	2142	—	1,32	2,19	3,21	4,31	5,48	6,65	7,60	8,47
					Mittel	—	1,30	2,19	3,19	4,29	5,46	6,64	7,63	8,51
12	Alum.-Bronze	14 G	5,01	4,88	1989	0,40	0,93	1,54	2,26 (2,82)	3,06	3,94	4,86	5,71	6,65
			5,03	5,01	2104	0,42	0,90	1,43	2,19	(3,53)	(4,34)	(5,22)	(6,27)	Bruch
					Mittel	0,41	0,92	1,49	—	—	—	—	—	—
13	Alum.-Bronze	5 G	5,02	5,04	2125	0,58	1,32	2,22	3,21	4,31	5,43	6,62	7,62	8,53
			4,90	4,95	2001	0,56	1,33	2,29	3,34	4,47	5,63	6,83	(7,47*)	(8,43)
					Mittel	0,57	1,33	2,26	3,28	4,39	5,53	6,73	(7,62)	(8,53)
14	Alum.-Bronze	3 G	5,06	5,03	2134	0,17	0,39	0,67	0,98	1,41	1,87	2,41	2,83	Bruch
			5,05	4,98	2087	0,19	0,41	0,70	1,04	1,44	1,93	2,49	2,99	Bruch
					Mittel	0,18	0,40	0,69	1,01	1,43	1,90	2,45	2,91	—
15	Alum.-Bronze	4 G	5,03	5,04	2130	0,57	1,28	2,13	3,09	4,12	5,18	6,28	7,23	8,06
			5,02	5,04	2125	0,55	1,23	2,07	2,99	3,98	5,02	6,09	7,02	7,82
					Mittel	0,56	1,26	2,10	3,04	4,05	5,10	6,19	7,13	7,94
16	Alum.-Bronze	9 G	5,07	5,05	2155	1,02	2,35	3,82	5,39	7,00	8,56	(9,99)	—	—
			5,07	5,05	2155	0,91	2,13	3,51	5,03	6,58	8,13	9,62	(10,31)	—
					Mittel	0,97	2,24	3,67	5,21	6,79	8,35	—	—	—
17	Rein-Kupfer	22 K	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

höhe in m		Gesamt Schlag-arbeit vor dem Bruch mkg	Bruchaussehen Beschreibung	Bemerkungen
4	4			
in mkg				
224,6	224,6			
—	—	561,4	Schuppig mit feinen krystall. Flächen, graugelb, am Rande gelbe krystall. Ausscheidungen	—
—	—	393,0		
—	—	477,2	Oberfläche zeigt auf der Zugseite feine Querrisse.	
9,34	(9,89)	1880,7	nicht gebrochen.	—
9,29	(9,85)	1880,7		
9,32	(9,87)	1880,7		
Bruch	—	1431,6	Schuppig mit feinen krystall. Flächen, graugelb. Oberfläche mit starken.	Beim Schlage No. 7 aus 4 m Fallhöhe zeigten sich Kantenrisse. Beim Schlage No. 5, der aus 3 m Fallhöhe gegeben werden sollte, löste sich der Bär in einer Höhe von 2,4 m aus; es wurde daher erst der 6. Schlag aus 3 m Höhe gegeben, die Werte für die Durchbiegung nach dem 4. Schlage sind mit den übrigen Versuchen nicht zu vergleichen, und daher eingeklammert.
—	—	(1341,7)		
—	—	—		
9,31	(9,87)	1880,7	nicht gebrochen.	*) Bei der zweiten Probe löste sich der Bär infolge Festklemmens der Abzugkette beim Schlage No. 8, der aus 4 m Höhe gegeben werden sollte, schon bei 3 m Höhe aus. Die Werte für die Durchbiegung sind daher vom 8 Schlage ab nicht vergleichbar. Sonst wie bei den Proben 1 G, jedoch ohne Risse zu zeigen.
(9,29)	(9,91)	1824,6		
(9,31)	—	—		
—	—	1207,0	feinkörnig, graugelb mit Bruchlinien von beiden Ecken der Zugseite ausgehend, uneben, goldgelbe krystall. Ausscheidungen. Oberfläche mit feinen Querrissen auf der Zugseite.	Beide Stäbe zeigten beim Schlage No. 6 (3,5 m Fallhöhe) auf der Zugseite feine Risse.
—	—	1207,0		
—	—	1207,0		
8,77	9,44	2105,3	nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim 6. Schlage aus 4 m Fallhöhe mit der untern Fläche auf der Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher, sie betrug 9,84 und 9,65 cm. Beide Stäbe zeigten auf der Zugseite feine Risse.
8,54	9,14	2105,3		
8,66	9,29	2105,3		
—	—	982,5	nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim ersten bezw. zweiten Schlage aus 4 m Fallhöhe auf die Schabotte auf und blieben rissfrei.
—	—	1207,0		
—	—	1094,8		
—	—	—		nicht untersucht.

3. Resultate der umfassenden Versuchsreihe.

Gewalztes Material.

A. Einleitende Bemerkungen.

Die nachstehenden Resultate der umfassenden Versuche mit Aluminium-Bronzen der Kategorie «*gewalztes Material*» erschienen im Vergleiche zu jenen, welche an gegossenen Aluminium-Bronzen ausgeführt werden konnten, weniger zahlreich und lückenhaft. Der Grund der Unvollständigkeit dieser Versuchsreihe ist durch verschiedene Umstände bedingt, zu welchen in erster Linie die Enttäuschung gehört, die erwirkt war durch Versuchsresultate, die den Erwartungen zuwiderliefen. Dr. *Kiliani* lag es vor allem an der Ergründung der Technik des Gussverfahrens, sowie an der Feststellung der Eigenschaften der so viel versprechenden gegossenen Aluminium-Bronzen. Während des Studiums und der Weiterentwicklung des Gussverfahrens dieser Bronzen fiel die Vorbereitung des Versuchsmaterials für die Serie der «*gewalzten Aluminium-Bronzen*», welche allmälig erlahmte, schliesslich gänzlich eingestellt wurde, als Dr. *Kiliani* bei seinen Arbeiten dank den Kontraktionserscheinungen des Metalls beim Übergang aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten stiess und die Untersuchungen der Festigkeitsverhältnisse der gegossenen Bronzen in der umfassenden Versuchsreihe die gänzlich unerwarteten Unterschiede und Verwerfungen der Zahlenreihen gegenüber denjenigen der kleinern, oder orientierenden Versuche an den Tag förderten, welche teils in Kristallisations-, teils in Saigerungsvorgänge beim Abguss grösserer Massen ihre Begründung finden. Im wesentlichen waren es die Enttäuschungen, die die Durchführung der ursprünglich geplanten Arbeiten vereitelten; sie sind schuld, dass eine vollständige Versuchsreihe mit «*gewalztem Material*» nicht mehr zustande kam und die dritte Versuchsreihe, nämlich in der gezogenen Zustandsform (als Draht) des Materials, überhaupt fallen gelassen wurde.

B. Resultate der chemischen Analyse.

Sämtliche Zahlen der chemisch-analytischen Arbeiten sind Mittelwerte aus 2 Bestimmungen.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
1	Rein-Aluminium*)	—	—	—	—	—	—	—
2	Aluminium-Bronze	1 W	goldgelb	7,96	90,99	—	Spur	—
3	Aluminium-Bronze	2 W	goldgelb	8,29	90,38	—	Spur	0,04
4	Aluminium-Bronze	3 W	goldgelb	7,43	89,77	—	0,54	—
5	Aluminium-Bronze	4 W	goldgelb	6,69	91,66	—	Spur	0,04
6	Aluminium-Bronze	5 W	goldgelb	7,62	90,38	—	0,73	—
7	Aluminium-Bronze	6 W	goldgelb	7,19	88,83	—	2,27	0,05
8	Aluminium-Bronze	9 W	goldgelb	4,99	93,59	—	0,91	—

*) nicht ausgeführt.

B. Resultate der chemischen Analyse.

Besserer Übersicht willen sind den Resultaten der chemischen Analysen die Ergebnisse der korrespondierenden Zerreissproben beigefügt.

Gewalztes Material.

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
—	—	—	-	—	—	—	—	—
1,36	2,20	4,93	17,7	17,3	20,5	0,85	vollkommen intakt	feinkörnig, kleiner Gussfehler am Rande
	2,11	5,04	21,2	20,5	22,0	1,03	» »	feinkörnig, fehlerfrei
Mittel	2,16	4,99	19,5	18,9	21,3	0,94		
1,41	2,49	5,43	17,5	16,7	19,7	0,91	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
	2,52	5,34	26,1	20,4	16,4	1,09	» »	» »
Mittel	2,51	5,39	21,8	18,6	18,1	1,00		
2,58	2,52	5,76	17,9	17,2	19,5	0,99	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
	2,52	5,81	18,3	17,4	19,3	1,01	Spur von Anrissen	» »
Mittel	2,52	5,79	18,1	17,3	19,4	1,00		
1,83	2,44	5,20	30,9	30,1	27,3	1,57	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
	2,22	5,30	48,4	43,0	35,6	1,94	» »	» »
Mittel	2,33	5,25	39,7	36,6	31,5	1,76		
1,44	2,14	5,26	30,1	27,8	27,0	1,46	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
	2,08	5,13	25,2	25,1	25,7	1,29	» »	» »
Mittel	2,11	5,20	27,7	26,5	26,4	1,38		
1,32	1,98	5,23	34,1	34,0	28,6	1,78	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
	1,97	5,20	37,7	37,3	31,7	1,94	» »	» »
Mittel	1,98	5,22	35,9	35,7	30,2	1,86		
0,91	1,76	4,41	57,8	51,5	61,9	2,27	vollkommen intakt	feinsehnig, fehlerfrei
	1,70	4,33	56,0	47,0	64,5	2,04	» »	» »
Mittel	1,73	4,37	56,9	49,3	63,2	2,16		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung des Materials	Farbe des Materials	Aluminium Al %	Kupfer Cu %	Zink Zn %	Eisen Fe %	Schwefel S %
9	Aluminium-Bronze	11 W	goldgelb	7,98	89,99	—	0,89	—
10	Aluminium-Bronze	12 W	goldgelb	9,80	86,71	—	0,78	—
11	Aluminium-Bronze	14 W	goldgelb	7,37	89,88	—	1,02	—
12	Aluminium-Bronze	15 W	goldgelb	11,01	88,16	—	0,34	—
13	Aluminium-Bronze	16 W	goldgelb	8,81	90,50	—	0,56	—
14	Rein-Kupfer*)	—	—	—	—	—	—	—

*) nicht ausgeführt.

Silicium Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
1,23	2,13	5,09	13,2	12,5	15,9	0,64	vollkommen intakt	halbkörnig, halbsehnig, fehlerfrei
	2,23	5,09	14,1	13,6	12,5	0,69	» »	»
Mittel	2,18	5,09	13,7	13,1	14,2	0,67		
2,38	3,13	7,07	1,1	0,7	0,7	0,05	vollkommen intakt	feinkörnig; schwach strahlig, fehlerfrei
	3,13**)	6,85	0,8	0,6	0,9	0,04	» »	feinkörnig, strahlig, fehlerfrei
Mittel	3,13	6,96	1,0	0,7	0,8	0,05		
1,95	2,11	5,58	19,0	18,3	18,7	1,02	vollkommen intakt	vorwiegend feinkörnig, fehlerfrei
	2,00	5,50	20,7	19,8	19,6	1,09	» »	ähnlich wie bei No. 9
Mittel	2,06	5,54	19,9	19,1	19,2	1,06		
0,80	3,13	5,24	0,5	0,3	0,0	0,02	vollkommen intakt	strahlig, fehlerfrei
	3,09	4,97	0,5	0,4	0,7	0,02	» »	» »
Mittel	3,11	5,12	0,5	0,4	0,4	0,02		
0,61	2,33	5,23	22,3	21,5	22,0	1,12	Spur von Anrissen	feinsehnig; schwach zackig, fehlerfrei
	2,12	4,91	22,8	21,7	22,0	1,07	» » »	» »
Mittel	2,23	5,07	22,6	21,6	22,0	1,10		
—	—	—	—	—	—	—	—	—

**) unsicher.

C. Resultate der umfassenden Zerreissproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung Al %	Cu %	Zn %	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	Grenz-Modul γ t/cm²
1	Rein-Aluminium*)	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Aluminium-Bronze	1 W	goldgelb	2	7,96	90,99	—	1157	0,83
								1141	1,05
							Mittel	1149	0,94
3	Aluminium-Bronze	2 W	goldgelb	2	8,29	90,38	—	1154	1,42
								1144	1,37
							Mittel	1149	1,40
4	Aluminium-Bronze	3 W	goldgelb	2	7,43	89,77	—	1125	1,49
								1134	1,49
							Mittel	1130	1,49
5	Aluminium-Bronze	4 W	goldgelb	2	6,69	91,66	—	1166	1,29
								1166	1,28
							Mittel	1166	1,29
6	Aluminium-Bronze	5 W	goldgelb	2	7,62	90,38	—	1171	1,26
								1158	1,26
							Mittel	1165	1,26
7	Aluminium-Bronze	6 W	goldgelb	2	7,19	88,83	—	1197	1,27
								1173	1,27
							Mittel	1185	1,27
8	Aluminium-Bronze	9 W	goldgelb	2	4,99	93,59	—	1202	0,83
								1195	0,88
							Mittel	1199	0,86

*) nicht ausgeführt.

C. Resultate der umfassenden Zerreissproben.

Gewalztes Material.

Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,20	4,93	16,9	17,7	17,3	20,5	0,85	vollkommen intakt	feinkörnig; kleiner Gussfehler am Rande
2,11	5,04	19,8	21,2	20,5	22,0	1,03	» »	feinkörnig, fehlerfrei
2,16	4,99	18,4	19,5	18,9	21,3	0,94		
2,49	5,43	15,9	17,5	16,7	19,7	0,91	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
2,52	5,34	14,7	26,1	20,4	16,4	1,09	» »	» »
2,51	5,39	15,3	21,8	18,6	18,1	1,00		
2,52	5,76	16,5	17,9	17,2	19,5	0,99	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
2,52	5,81	16,5	18,3	17,4	19,3	1,01	» »	» »
2,52	5,79	16,5	18,1	17,3	19,4	1,00		
2,44	5,20	29,3	30,9	30,1	27,3	1,57	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
2,22	5,30	37,6	48,4	43,0	35,6	1,94	» »	» »
2,33	5,25	33,5	39,7	36,6	31,5	1,76		
2,14	5,26	25,5	30,1	27,8	27,0	1,46	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
2,08	5,13	25,0	25,2	25,1	25,7	1,29	» »	» »
2,11	5,20	25,3	27,7	26,5	26,4	1,38		
1,98	5,23	33,9	34,1	34,0	28,6	1,78	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
1,97	5,20	36,9	37,7	37,3	31,7	1,94	» »	» »
1,98	5,22	35,4	35,9	35,7	30,2	1,86		
1,76	4,41	45,2	57,8	51,5	61,9	2,27	vollkommen intakt	feinkörnig, fehlerfrei
1,70	4,33	38,0	56,0	47,0	64,5	2,04	» »	» »
1,73	4,37	41,6	56,9	49,3	63,2	2,16		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung Al %	Cu %	Zn %	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	Grenz-Modul γ t/cm²
9	Aluminium-Bronze	11 W	goldgelb	2	7,98	89,99	—	1256	1,06
								1218	0,95
							Mittel	1237	1,01
10	Aluminium-Bronze	12 W	goldgelb	2	9,80	86,71	—	1288	1,28
								1353	1,51
							Mittel	1321	1,40
11	Aluminium-Bronze	14 W	goldgelb	2	7,37	89,88	—	1199	1,06
								1178	1,08
							Mittel	1189	1,07
12	Aluminium-Bronze	15 W	goldgelb	2	10,01	88,16	—	1145	0,98
								1104	0,91
							Mittel	1125	0,95
13	Aluminium-Bronze	16 W	goldgelb	2	8,81	90,50	—	1258	1,15
								1236	1,28
							Mittel	1247	1,22
14	Rein-Kupfer*)	—	—	—	—	—	—	—	—

*) nicht ausgeführt.

Streck-grenze σ t/cm²	Zug-festig-keit β t/cm²	Bruch-deh-nung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kon-traktion φ %	Arbeits-koeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächen-beschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
2,13	5,09	11,8	13,2	12,5	15,9	0,64	vollkommen intakt	halbkörnig, halbsehnig; fehlerfrei
2,23	5,09	13,1	14,1	13,6	12,5	0,69	» »	»
2,18	5,09	12,5	13,7	13,1	14,2	0,67		
3,13	7,07	0,3	1,1	0,7	0,7	0,05	vollkommen intakt	feinkörnig, schwach strahlig; fehlerfrei
3,13**	6,85	0,4	0,8	0,6	0,9	0,04	» »	feinkörnig, strahlig, fehlerfrei
3,13	6,96	0,4	1,0	0,7	0,8	0,05		
2,11	5,58	17,6	19,0	18,3	18,7	1,02	vollkommen intakt	vorwiegend feinkörnig, fehlerfrei
2,00	5,50	18,9	20,7	19,8	19,6	1,09	» »	ähnlich wie bei No. 9.
2,06	5,54	18,3	19,9	19,1	19,2	1,06		
3,13	5,24	0,1	0,5	0,3	0,0	0,02	vollkommen intakt	strahlig, fehlerfrei
3,09	4,97	0,3	0,5	0,4	0,7	0,02	» »	» »
3,11	5,11	0,2	0,5	0,4	0,4	0,02		
2,33	5,23	20,7	22,3	21,5	22,0	1,12	Spur von Anrissen	feinsehnig, schwach zackig; fehlerfrei
2,12	4,91	20,6	22,8	21,7	22,0	1,07	» » »	»
2,23	5,07	20,7	22,6	21,6	22,0	1,10		
—	—	—	—	—	—	—	—	—

**) unsicher.

D. Resultate der technologischen Kaltbruchproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt
2	Alum.-Bronze	1 W	2	5,00	1,52	28 —	5,44	14,0	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,52	60 —	3,19	23,8	» » »
			Mittel	5,00	1,52	44 —	4,32	18,9	
3	Alum.-Bronze	2 W	2	5,00	1,52	23 —	6,88	11,0	Beginn der Querrissigkeit
				5,02	1,50	27 —	6,08	12,3	» » »
			Mittel	5,01	1,51	25 —	6,48	11,7	
4	Alum.-Bronze	3 W	2	5,00	1,51	54 —	3,08	24,5	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,52	30 —	4,88	15,6	» » »
			Mittel	5,00	1,52	42 —	3,98	20,1	
5	Alum.-Bronze	4 W	2	5,00	1,50	70 —	2,29	32,8	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,51	180 —	1,88	40,2	» » »
			Mittel	5,00	1,51	125 —	2,09	36,5	
6	Alum.-Bronze	5 W	2	5,00	1,51	180 —	2,00	37,7	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,52	180 —	2,04	37,3	» » »
			Mittel	5,00	1,52	180 —	2,02	37,5	
7	Alum.-Bronze	6 W	2	5,00	1,50	106 —	2,25	33,3	Beginn der Querrissigkeit
				5,00	1,50	71 —	2,45	30,6	» » »
			Mittel	5,00	1,50	88 30	2,35	32,0	
8	Alum.-Bronze	9 W	2	5,00	1,50	180 –	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,50	180 –	0,75	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	

D. Resultate der technologischen Kaltbruchproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Proben	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
9	Alum.-Bronze	11W	2	4,97	1,51	40 —	4,40	17,0	Plötzlicher Querriss
				4,98	1,50	39 —	4,40	17,0	» »
			Mittel	4,98	1,51	39 30	4,40	17,0	
10	Alum.-Bronze	12W	2	5,00	1,51	2 —	ca. 38,0	2,0	Plötzlicher Querbruch
				5,00	1,51	2 —	» 38,0	2,0	» »
			Mittel	5,00	1,51	2 —	ca. 38,0	2,0	
11	Alum.-Bronze	14W	2	5,00	1,51	56 —	3,00	25,0	Plötzlicher Querriss
				5,00	1,51	55 —	3,50	22,0	» »
			Mittel	5,00	1,51	55 30	3,25	23,5	
12	Alum.-Bronze	15W	2	5,00	1,52	2 —	ca. 38,0	2,0	Plötzlicher Querbruch
				4,98	1,52	11 —	11,50	7,0	» Querriss
			Mittel	4,99	1,52	6 30	24,80	4,5	
13	Alum.-Bronze	16W	2	5,00	1,50	61 —	2,90	26,0	Plötzlicher Querriss
				4,96	1,51	58 —	2,90	26,0	» »
			Mittel	4,98	1,51	59 30	2,90	26,0	
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt

E. Resultate der technologischen Rotbruchproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α ° '	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungskoeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt
2	Alum.-Bronze	1 W	2	5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	
3	Alum.-Bronze	2 W	2	5,02	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt; fein wellig
				5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	» » » »
			Mittel	5,01	1,51	180 —	0,75½	100,0	
4	Alum.-Bronze	3 W	2	5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	Vollkommen intakt; fein wellig
				5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	» » » »
			Mittel	5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	
5	Alum.-Bronze	4 W	2	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	
6	Alum.-Bronze	5 W	2	5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,52	180 —	0,76	100,0	
7	Alum.-Bronze	6 W	2	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	
8	Alum.-Bronze	9 W	2	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	

E. Resultate der technologischen Rotbruchproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α °	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
9	Alum.-Bronze	11W	2	4,97	1,50	180 —	0,75	100,0	Spuren von Querrissigkeit
				4,97	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
			Mittel	4,97	1,50	180 —	0,75	100,0	
10	Alum.-Bronze	12W	2	5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	Spuren von Querrissigkeit
				5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	Vollkommen intakt
			Mittel	5,00	1,51	180 —	0,75½	100,0	
11	Alum.-Bronze	14W	2	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
			Mittel	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	
12	Alum.-Bronze	15W	2	5,00	1,50	180 —	0,75	100,0	Vollkommen intakt
				4,98	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
			Mittel	4,99	1,50	180 —	0,75	100,0	
13	Alum.-Bronze	16W	2	4,97	1,48	180 —	0,74	100,0	Vollkommen intakt
				4,96	1,50	180 —	0,75	100,0	» »
			Mittel	4,97	1,49	180 —	0,74½	100,0	
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt

F. Resultate der Scherproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Durchmesser des Probekörpers cm	Querschnittfläche cm²	Scherfestigkeit total t	Scherfestigkeit pro cm² t	Bemerkungen
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
2	Alum.-Bronze	1 W	2	2,06	3,33	20,8	3,12	Deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	20,8	3,12	
					Mittel	20,8	3,12	
3	Alum.-Bronze	2 W	2	2,06	3,33	22,5	3,38	Deutlich ausgeprägte Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	22,5	3,38	
					Mittel	22,5	3,38	
4	Alum.-Bronze	3 W	2	2,06	3,33	23,8	3,58	Schräg abgeschert; keine Schnittflächen; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	22,9	3,44	
					Mittel	23,4	3,52	
5	Alum.-Bronze	4 W	2	2,06	3,33	20,5	3,08	Deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	20,4	3,06	
					Mittel	20,5	3,07	
6	Alum.-Bronze	5 W	2	2,06	3,33	20,6	3,09	Ziemlich deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,07	3,36	20,5	3,05	
					Mittel	20,6	3,07	
7	Alum.-Bronze	6 W	2	2,06	3,33	20,5	3,08	Deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	20,2	3,03	
					Mittel	20,4	3,06	

F. Resultate der Scherproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Durchmesser des Probekörpers cm	Querschnittfläche cm²	Scherfestigkeit total t	Scherfestigkeit pro cm² t	Bemerkungen
8	Alum.-Bronze	9 W	2	2,07	3,36	20,2	3,00	Deutlich ausgeprägte Schnitt- und Scherflächen; Material fehlerfrei.
				2,07	3,36	20,2	3,00	
					Mittel	20,2	3,00	
9	Alum.-Bronze	11 W	2	2,06	3,33	20,3	3,05	Bruchflächen zeigen teilweise Abscherung, teilweise Bruch; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	20,7	3,11	
					Mittel	20,5	3,08	
10	Alum.-Bronze	12 W	2	2,06	3,33	31,0	4,65	Keine Abscherung; unregelmässiger, teilweise muschliger Bruch; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	30,2	4,53	
					Mittel	30,6	4,59	
11	Alum.-Bronze	14 W	2	2,06	3,33	23,0	3,45	Bruchflächen zeigen teilweise Abscherung, teilweise Bruch; Material fehlerfrei.
				2,07	3,36	22,7	3,38	
					Mittel	22,9	3,42	
12	Alum.-Bronze	15 W	2	2,07	3,36	28,0	4,17	Keine Abscherung; unregelmässiger, zackiger Bruch, teilweise längs Krist.-Absonderungsflchn.: Material fehlerfrei; (grob kristallinisch).
				2,07	3,36	27,5	4,09	
					Mittel	27,8	4,13	
13	Alum.-Bronze	16 W	2	2,07	3,36	20,5	3,05	Bruchflächen zeigen teilweise Abscherung, teilweise Bruch; Material fehlerfrei.
				2,06	3,33	20,5	3,08	
					Mittel	20,5	3,07	
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

G. Resultate der Druck- und Stauchproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen Durchmesser cm	Abmessungen Höhe cm	Elasticitäts-Modul ε t/cm²
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—
2	Aluminium-Bronze	1 W	1	4,00	19,98	1186
			—	—	—	—
3	Aluminium-Bronze	2 W	1	3,99	12,00	1159
			2	2,99	2,98	—
				2,99	2,98	—
4	Aluminium-Bronze	3 W	1	4,00	11,98	1164
			—	—	—	—
5	Aluminium-Bronze	4 W	1	3,99	12,00	1159
			2	2,99	2,98	—
				2,99	2,98	—
6	Aluminium-Bronze	5 W	1	4,00	11,98	1219
			—	—	—	—
7	Aluminium-Bronze	6 W	1	3,99	12,00	1290
			2	2,99	2,98	—
				2,99	2,97	—
8	Aluminium-Bronze	9 W	1	4,00	11,99	1288
			—	—	—	—

G. Resultate der Druck- und Stauchproben.

Gewalztes Material.

Grenz-Modul γ t/cm²	Stauchgrenze σ t/cm²	Bei einer Inanspruchnahme von absolut t	pro cm² t	betrug die Stauchung in %	Bemerkungen
—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
0,95	2,07	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	—	—	—	Druckproben nicht ausgeführt.
1,32	2,16	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	81,5	11,6	33,5	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	81,5	11,6	36,6	Plötzlicher Bruch.
	Mittel	81,5	11,6	35,1	
1,05	2,39	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	—	—	—	Druckproben nicht ausgeführt.
1,16	2,00	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	82,6	11,8	25,5	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
—	—	79,2	11,3	31,2	Plötzlicher Bruch.
	Mittel	80,9	11,6	28,4	
1,19	2,15	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	—	—	—	Druckproben nicht ausgeführt.
1,32	2,04	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	91,0	13,0	32,8	Plötzlicher Bruch.
—	—	94,0	13,4	28,6	Kohäsionsgrenze; Wage sinkt.
	Mittel	92,5	13,2	30,7	
1,00	1,63	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	—	—	—	Druckproben nicht ausgeführt.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzel-Proben	Abmessungen Durchmesser cm	Abmessungen Höhe cm	Elasticitäts Modul ε t/cm²
9	Aluminium-Bronze	11 W	1	3,99	12,00	1207
			2	3,00	3,00	—
				2,99	3,00	—
10	Aluminium-Bronze	12 W	1	3,99	12,00	1244
			2	3,00	2,99	—
				3,00	3,00	—
11	Aluminium-Bronze	14 W	1	3,99	12,00	1207
			2	3,00	3,00	—
				3,00	3,00	—
12	Aluminium-Bronze	15 W	1	3,99	12,00	991
			2	3,00	2,98	—
				3,00	3,00	—
13	Aluminium-Bronze	16 W	1	3,98	12,00	1258
			2	3,00	2,99	—
				3,00	3,00	—
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—

Zu vorstehenden Versuchsresultaten sei bemerkt, dass die Druck- eine zuverlässige Feststellung der absoluten Stauchung durch das meist Formänderungen der Proben nicht zu erreichen war. Auch das Mass der abminderungen der Probekörper kann nur den Wert von relativen Näherungs-

Grenzmodul γ t/cm²	Stauchgrenze σ t/cm²	Bei einer Inanspruchnahme von absolut t	pro cm² t	betrug die Stauchung in %	Bemerkungen
1,36	2,08	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	74,6	10,6	25,0	Wage sinkt plötzlich; Druckflächen längs dem Umfange anrissig.
—	—	77,0	11,0	26,7	
	Mittel	75,8	10,8	25,9	
1,96	—*)	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	74,9	10,6	—**)	Plötzliches Zermalmen. **) nicht messbar.
—	—	74,0	10,5	7,7*)	Plötzlicher Bruch; einseitig kegelförmig zerfallen. *) unsicher.
	Mittel	74,5	10,6	(7,7)	
1,32	2,28	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	73,7	10,4	23,3	Wage sinkt; Druckflächen längs dem Umfange anrissig
—	—	78,2	11,1	26,7	
	Mittel	76,0	10,8	25,0	
0,78	3,04	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	68,1	9,6	(5,0*)	Probe plötzlich stark rissig; *) unsicher.
—	—	72,5	10,3	17,3	Plötzlicher Bruch; diagonal abgeschert.
	Mittel	70,3	10,0	(?)	
1,01	2,01	—	—	—	Probe intakt ausrangiert.
—	—	80,0	11,3	29,8	Wage sinkt plötzlich; Druckflächen längs dem Umfange anrissig.
—	—	75,2	10,6	29,0	
	Mittel	77,6	11,0	29,4	
—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

versuche in Hinsicht auf die ausgewiesenen Stauchungen unsicher sind, weil plötzliche Auftreten von Rissbildungen und die damit zusammenhängenden Stauchgrenzen, als der Beginn des Auftretens erheblicher, bleibender Höhenwerten in Anspruch nehmen.

H. Resultate der umfassenden Biegeproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Querschnittsgrössen der Barren: Breite cm	Dicke cm	Freilage cm	Trägheits-Moment cm⁴	Widerstands-Moment cm³	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	An der Proportion.-Grenze: Spannung γ t/cm²	Durchbiegung f cm	Def.-Arbeit A tcm
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze	1 W	2	5,04	5,02	80,0	53,13	21,17	1196	1,30	0,23	0,16
				5,00	5,02	80,0	52,71	21,00	1192	1,07	0,19	0,11
								Mittel	1194	1,19	0,21	0,14
3	Alum.-Bronze	2 W	2	5,03	5,01	80,0	52,69	21,03	1184	1,31	0,23	0,16
				5,02	4,99	80,0	51,97	20,83	1260	1,44	0,28	0,23
								Mittel	1222	1,38	0,26	0,20
4	Alum.-Bronze	3 W	2	4,98	4,97	80,0	50,94	20,50	1171	1,14	0,20	0,11
				5,00	4,96	80,0	50,84	20,50	1201	1,20	0,20	0,11
								Mittel	1186	1,17	0,20	0,11
5	Alum.-Bronze	4 W	2	5,00	5,00	80,0	52,08	20,83	1212	1,20	0,21	0,14
				5,00	5,01	80,0	52,39	20,91	1264	1,17	0,18	0,10
								Mittel	1238	1,19	0,20	0,12
6	Alum.-Bronze	5 W	2	5,00	5,00	80,0	52,08	20,83	1256	1,08	0,18	0,10
				5,00	4,98	80,0	51,46	20,67	1227	1,21	0,21	0,13
								Mittel	1242	1,15	0,20	0,12
7	Alum.-Bronze	6 W	2	5,00	4,96	80,0	50,84	20,50	1288	1,34	0,22	0,16
				5,00	4,96	80,0	50,84	20,50	1272	1,10	0,18	0,10
								Mittel	1280	1,22	0,20	0,13

H. Resultate der umfassenden Biegeproben.

Gewalztes Material.

Bei einer Faserspannung von σ t/cm²								An der Grenze des Tragvermögens			Bemerkungen
2,00		4,00		6,00		8,00		Spannung	Durchbiegung	Def.-Arbeit	
f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	β t/cm²	f cm	A tcm	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
0,36	0,38	1,62	4,80	9,00	45,8	—	—	6,38	12,0	65,8	Ohne Bruch ausrangiert
0,36	0,38	1,57	4,70	7,75	38,6	—	—	6,57	13,9	80,0	» » »
0,36	0,38	1,60	4,75	8,38	42,2	—	—	6,48	12,9	72,9	
0,37	0,39	0,94	2,40	3,40	16,0	—	—	8,03	13,6	93,2	Ohne Bruch ausrangiert.
0,37	0,38	0,99	2,40	3,78	17,6	—	—	7,88	16,6	113,4	» » »
0,37	0,39	0,97	2,40	3,59	16,8	—	—	7,96	15,1	103,3	
0,36	0,36	0,90	2,20	2,36	10,0	6,45	40,2	9,00	15,1	117,6	Ohne Bruch ausrangiert.
0,35	0,36	1,02	2,40	2,94	12,1	8,55	54,2	8,53	14,9	109,6	» » »
0,36	0,36	0,96	2,30	2,65	11,1	7,50	47,2	8,77	15,0	113,6	
0,36	0,36	1,60	5,00	8,60	42,6	—	—	6,61	15,6	88,0	Ohne Bruch ausrangiert.
0,35	0,36	1,40	4,40	7,46	36,6	—	—	6,68	15,6	90,4	» » »
0,36	0,36	1,50	4,70	8,03	39,6	—	—	6,65	15,6	89,2	
0,35	0,37	1,77	5,40	10,70	54,2	—	—	6,37	15,6	86,2	Ohne Bruch ausrangiert.
0,36	0,37	1,77	5,40	10,34	51,2	—	—	6,46	15,6	85,2	» » »
0,36	0,37	1,77	5,40	10,52	52,7	—	—	6,42	15,6	85,7	
0,35	0,36	1,65	4,80	9,55	47,4	—	—	6,44	15,6	84,4	Ohne Bruch ausrangiert.
0,34	0,35	1,54	4,40	8,70	42,8	—	—	6,51	15,5	87,4	» » »
0,35	0,36	1,60	4,60	9,13	45,1	—	—	6,48	15,6	85,9	

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Anzahl der Einzelproben	Querschnittsgrössen der Barren: Breite cm	Dicke cm	Freilage cm	Trägheits-Moment cm⁴	Widerstands-Moment cm³	Elasticitäts-Modul ε t/cm²	An der Proportion.-Grenze: Spannung γ t/cm²	Durchbiegung f cm	Def.-Arbeit A tcm
8	Alum.-Bronze	9 W	2	5,00	5,02	80,0	52,71	21,00	1292	1,27	0,22	0,15
				5,00	5,02	80,0	52,71	21,00	1225	1,31	0,24	0,16
								Mittel	1259	1,29	0,23	0,16
9	Alum.-Bronze	11 W	2	5,00	5,01	80,0	52,39	20,91	1155	1,56	0,27	0,22
				4,99	5,00	80,0	51,98	20,79	1308	1,04	0,18	0,10
								Mittel	1232	1,30	0,23	0,16
10	Alum.-Bronze	12 W	2	5,02	5,00	80,0	52,29	20,92	1351	2,05	0,32	0,35
				5,02	5,01	80,0	52,60	21,00	1238	1,79	0,31	0,29
								Mittel	1295	1,92	0,32	0,32
11	Alum.-Bronze	14 W	2	5,03	5,03	80,0	53,35	21,21	1292	1,06	0,18	0,10
				5,02	5,01	80,0	52,60	21,00	1243	1,55	0,27	0,22
								Mittel	1268	1,31	0,23	0,16
12	Alum.-Bronze	15 W	2	5,00	5,02	80,0	52,71	21,00	1073	1,31	0,24	0,17
				5,00	5,00	80,0	52,08	20,83	1148	1,08	0,20	0,11
								Mittel	1111	1,20	0,22	0,14
13	Alum.-Bronze	16 W	2	5,00	4,98	80,0	51,46	20,67	1390	1,58	0,26	0,21
				4,99	4,98	80,0	51,36	20,63	1333	1,10	0,18	0,10
								Mittel	1362	1,34	0,22	0,16
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei einer Faserspannung von σ t/cm²								An der Grenze des Tragvermögens			Bemerkungen
2,00		4,00		6,00		8,00		Spannung	Durchbiegung	Def.-Arbeit	
f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	f cm	A tcm	β t/cm²	f cm	A tcm	
0,36	0,38	4,68	16,00	—	—	—	—	5,36	15,5	70,4	Ohne Bruch ausrangiert.
0,37	0,38	4,53	15,40	—	—	—	—	5,43	15,5	70,6	» » »
0,37	0,38	4,61	15,70	—	—	—	—	5,40	15,5	70,5	
0,35	0,36	1,08	3,00	5,42	26,6	—	—	7,00	12,5	75,8	Ohne Bruch ausrangiert.
0,35	0,36	1,08	3,00	5,70	28,0	—	—	7,02	14,5	88,7	» » »
0,35	0,36	1,08	3,00	5,56	27,3	—	—	7,01	13,5	82,3	
0,32	0,34	0,64	1,50	1,10	4,00	1,85	9,60	10,28	3,22	23,0	Plötzlicher Querbruch.
0,35	0,36	0,75	1,50	1,32	4,60	2,20	11,10	10,31	3,93	28,0	» »
0,34	0,35	0,70	1,50	1,21	4,30	2,03	10,35	10,30	3,58	25,5	
0,35	0,36	1,05	2,80	4,26	20,80	—	—	7,37	13,5	88,0	Ohne Bruch ausrangiert.
0,35	0,36	1,10	2,80	5,24	23,20	—	—	7,05	12,3	74,6	» » »
0,35	0,36	1,08	2,80	4,75	22,00	—	—	7,21	12,9	81,3	
0,42	0,44	0,96	2,00	1,78	6,80	—	—	8,48	4,18	25,4	Plötzlicher Querbruch.
0,42	0,44	0,97	2,20	1,94	7,40	—	—	7,44	3,22	16,6	» »
0,42	0,44	0,97	2,10	1,86	7,10	—	—	7,96	3,70	21,0	
0,34	0,35	1,45	4,40	11,40	59,20	—	—	6,10	13,4	72,0	Ohne Bruch ausrangiert.
0,34	0,35	1,08	2,80	7,15	35,80	—	—	6,54	13,0	74,0	» » »
0,34	0,35	1,27	3,60	9,28	47,50	—	—	6,32	13,2	73,0	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

I. Resultate der Torsionsproben.

Gewalztes Material.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abbildung No. in Tafel VI u. VII	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung		
						Al %	Cu %	Zn %
1	Rein-Aluminium	—	—	—	—	—	—	—
2	Aluminium-Bronze	1 W	—	—	—	—	—	—
3	Aluminium-Bronze	2 W	8	goldgelb	2	8,29	90,38	—
								Mittel
4	Aluminium-Bronze	3 W	—	—	—	—	—	—
5	Aluminium-Bronze	4 W	13	goldgelb	2	6,69	91,66	—
								Mittel
6	Aluminium-Bronze	5 W	10	goldgelb	2	7,62	90,38	—
								Mittel
7	Aluminium-Bronze	6 W	7	goldgelb	2	7,19	88,83	—
								Mittel
8	Aluminium-Bronze	9 W	—	—	—	—	—	—

I. Resultate der Torsionsproben.

Gewalztes Material.

Elasticitäts-Modul für Schub ε' t/cm²	Elasticitäts-Grenze für Schub γ' t/cm²	Verwindg. a. d. Elast.-Grenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bruch bei der max. Schubspannung τ t/cm²	Verwindg. b. Bruch auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwind. A kgm	Bemerkungen
—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	—	—	—	—	—	» »
449	1,116	2,25	6,05	4,842	251	4970	Bruchfläche von den Mitten d. Seiten herein tief eingerissen, Bruch vielleicht etwas beeinflusst durch die eingerissenen Längslinien.
469	1,116	2,16	5,81	5,256	223	4861	Bruch nahe am Sperrad, unbeeinflusst v. d. Einspannung. 3 Längsrisse in der Mitte der Seitenflächen.
459	1,116	2,20	5,93	5,049	237	4916	
—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
461	0,927	1,82	4,03	5,490	385	7720	Bruch beeinflusst durch einen Längsriss (Materialfehler), vielleicht auch durch die eingerissenen Längsteillinien.
466	0,927	1,80	4,00	5,652	415	8788	Bruch nahe am Hebel; Längsriss in der Mitte einer Seitenfläche.
464	0,927	1,81	4,02	5,571	400	8254	
470	1,026	1,97	4,92	5,454	416	8001	Bruch in der Mitte.
467	0,927	1,80	3,99	6,372	603	13473	Bruch in der Mitte, wo ein Längsriss sich zeigte.
469	1,022	1,885	4,46	5,913	510	10737	
483	1,026	1,92	4,82	6,120	578	12040	Bruch nahe einer Einspannst., doch unbeeinflusst
479	0,927	1,75	3,92	6,048	559	11716	Bruch dicht am Sperrad.
481	1,022	1,84	4,37	6,084	569	11878	
—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abbildung No. in Tafel VI u. VII	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Chemische Zusammensetzung		
						Al %	Cu %	Zn %
9	Aluminium-Bronze	11 W	—	—	—	7,98	89,99	—
10	Aluminium-Bronze	12 W	4	goldgelb	2	9,80	86,71	—
								Mittel
11	Aluminium-Bronze	14 W	9	goldgelb	2	7,37	89,88	—
								Mittel
12	Aluminium-Bronze	15 W	1	goldgelb	2	11,01	88,16	—
								Mittel
13	Aluminium-Bronze	16 W	—	—	—	8,81	90,50	—
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—

Elasticitäts-Modul für Schub ε' t/cm²	Elasticitäts-Grenze für Schub t/cm²	Verwindg. a. d. Elast.-Grenze auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bruch bei der max. Schubspannung τ t/cm²	Verwindg. b. Bruch auf 50 cm Länge bei 5 × 5 cm Querschn. Grad	Arbeit zur vorstehenden Verwindg. A kgm	Bemerkungen
—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
500	1,386	2,52	8,65	6,696	34,0	760	Bruch sehr stark zersplittert, in der Mitte; Poren.
489	1,416	2,73	9,90	6,867	33,5	760	Bruch in der Mitte mit starkem Schlag, sehr zersplittert; keine Poren.
495	1,401	2,63	9,28	6,782	33,8	760	
464	1,116	2,18	5,87	5,616	317	6703	Bruch näher am Hebel, aber unbeeinflusst von der Einspannung.
464	0,832	1,69	3,32	5,706	341	7242	Bruch in der Mitte, ein sehr starker Längs- und mehrere Querrisse.
464	0,974	1,94	4,60	5,661	329	6973	
403	0,648	1,46	2,36	6,246	50,0	1048	Bruch nach einigen Minuten ruhigen Stehens, nachdem sich zuerst ein klaffender Längsspalt gebildet hatte; nahe einer Einspannstelle aber unbeeinflusst;
369	0,738	1,81	3,28	5,526	47,0	900	Bruch in einem Längsriss.
385	0,693	1,64	2,82	5,886	48,5	974	
—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	—	—	—	—	—	» »

K. Resultate der dynamischen Festigkeitsproben.

Gewalztes Material.

a. Resultate der Schlag-Zugproben.

1. Übersicht über die Bezeichnung, Abmessungen und Versuchsbedingungen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen, Rauminhalte: Durchmesser cm	Querschnitt F cm²	Versuchslänge cm	Inhalt V cm³	Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge: Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
1	Rein-Alum.	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze	1 W	—	—	—	—	Nicht ausgeführt	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	2 W	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,75	1,50	2,25	3,00
	» »	»	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,76	1,52	2,29	3,05
4	Alum.-Bronze	3 W	1,28	1,29	20,5	26,45	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,80	1,60	2,39	—
	» »	»	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,76	1,25	2,29	—

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen, Rauminhalte				Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge				
			Durchmesser cm	Querschnitt F cm^2	Versuchslänge cm	Inhalt V cm^3	Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
5	Alum.-Bronze	4 W	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	1,50	2,25	3,00
	» »	»	1,25	1,23	20,5	25,22	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,84	1,67	2,51	3,35
6	Alum.-Bronze	5 W	1,30	1,33	20,5	27,70	Fallhöhe in m	0,500	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	28,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	1,03	1,55	2,32	—
	» »	»	1,30	1,33	20,5	27,27	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,55	2,32	3,09
7	Alum.-Bronze	6 W	1,30	1,33	20,5	27,27	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,55	2,32	3,09
	» »	»	1,30	1,33	20,5	27,27	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,55	2,32	3,09
8	Alum.-Bronze	9 W	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	0,750	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	1,50	—	—

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen, Rauminhalte: Durchmesser cm	Querschnitt F cm²	Versuchslänge cm	Inhalt V cm³	Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge: Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
	Alum.-Bronze	9 W	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,76	1,25	2,29	3,05
9	Alum.-Bronze	11 W	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,75	1,50	2,50	—
	» »	»	1,33	1,39	20,5	28,50	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,74	1,48	2,22	—
10	Alum.-Bronze	12 W	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,76	—	—	—
	» »	»	1,30	1,33	20,5	27,27	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,77	—	—	—
11	Alum.-Bronze	14 W	1,29	1,31	20,5	26,86	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,79	1,57	2,36	3,14
	» »	»	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm³	0,76	1,52	2,29	3,05

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen, Rauminhalte				Versuchsbedingungen für die gleichartigen zu Gruppen zusammengefassten Schläge				
			Durchmesser cm	Querschnitt F cm^2	Versuchslänge cm	Inhalt V cm^3	Versuchsbedingungen	Zeichen der Schlaggruppen I	II	III	IV
12	Alum.-Bronze	15 W	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,76	1,52	—	—
	» »	»	1,32	1,37	20,5	28,09	Fallhöhe in m	0,375	—	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	—	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,75	—	—	—
13	Alum.-Bronze	16 W	1,31	1,35	20,5	27,68	Fallhöhe in m	0,375	0,750	1,125	1,500
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	63,3	84,4
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,76	1,52	2,29	3,05
	» »	»	1,30	1,33	20,5	27,27	Fallhöhe in m	0,375	0,750	—	—
							Schlagarbeit gesamt mkg	21,1	42,2	—	—
							Schlagarbeit mkg/cm^3	0,77	1,55	—	—
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	nicht ausgeführt	—	—	—	—

2. Übersicht über die Dehnungsverhältnisse.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Gesamtdehnung und Dehnungszunahme pro Schlag											
			Schlaggruppe I				Schlaggruppe II					Schlag-		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Rein-Alum.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze	1 W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	2 W	0,171	0,309	0,424	0,529	0,828	1,071 [1]	1,333	1,556	1,757	—[2]	(2,157)	(2,502)
			0,171	0,138	0,115	0,105	0,299	0,243	0,262	0,223	0,201	—	(0,400)	(0,345)
	» »	»	0,171	0,320	0,445	0,555	0,855 [3]	1,145	1,383	1,607	1,831	2,215	2,584	2,941
			0,171	0,149	0,125	0,110	0,300	0,290	0,238	0,224	0,224	0,384	0,369	0,357
4	Alum.-Bronze	3 W	0,188	0,318	0,439	0,548	0,864 [4]	1,145 [5]	1,407	1,657	1,892	2,312	Bruch	—
			0,188	0,130	0,121	0,109	0,316	0,281	0,262	0,250	0,235	0,420	»	—
	» »	»	0,189	0,315	0,428	0,521	0,821	1,073	1,313	1,545	1,748	2,135	Bruch	—
			0,189	0,126	0,113	0,093 [6]	0,300	0,252	0,240	0,232	0,203	0,387	»	—
5	Alum.-Bronze	4 W	0,297	0,524	0,715	0,873	1,279 [7]	1,695	1,933	2,211	2,465	2,927	3,340	3,734
			0,297	0,227	0,191	0,158	0,406	0,416	0,238	0,278	0,254	0,462	0,413	0,394
	» »	»	0,339	0,585	0,812	0,999 [9]	1,449	1,820	2,169	2,479	2,789	3,293	3,761	4,221
			0,339	0,246	0,227	0,187	0,450	0,371	0,349	0,310	0,310	0,504	0,468	0,460
6	Alum.-Bronze	5 W	0,469	0,840 [12]	1,161	1,593	2,001	2,343	2,683	3,007	3,514	3,996	4,449	4,883
			0,469	0,371	0,321	0,432	0,408	0,342	0,340	0,324	0,507	0,482	0,453	0,434
	» »	»	0,356	0,603	0,812	1,005	1,447	1,821	2,157	2,480	2,752	3,242	3,696	4,103
			0,356	0,247	0,209	0,193	0,442 [13]	0,374	0,336	0,323	0,272	0,490	0,454	0,407
7	Alum.-Bronze	6 W	0,335	0,591	0,811	1,007	1,439 [16]	1,823	2,167	2,488	2,804	3,273	3,720	4,173
			0,335	0,256	0,220	0,196	0,432	0,384	0,344	0,321	0,316	0,469	0,447	0,453
	» »	»	0,363	0,605	0,823	1,012	1,472	1,835	2,189	2,496	2,799	3,295	3,770	4,215
			0,363	0,242	0,218	0,189	0,460	0,363	0,354	0,307	0,303	0,496	0,475	0,445

2. Übersicht über die Dehnungsverhältnisse.

in cm auf 20 cm Länge nach dem Schlage.								Bis zum Bruch geleistete Arbeit		Bemerkungen.
gruppe III		Schlaggruppe IV					Schlaggruppe V	Gesamt	spez.	
13	14	15	16	17	18	19	20	mkg	mkg/cm³	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »
(2,817)	(3,194)	(3,686)	(4,126)	(4,569)	(5,017)	Bruch	—			1) Die Oberfläche wurde fein krispelig.
(0,315)	(0,377)	(0,492)	(0,440)	(0,443)	(0,448)	»	—	949,4	33,80	2) Es brach der untere Einspannkopf, Stab von neuem eingelegt.
3,256	3,552	4,063	4,537	4,952	Bruch	—	—	865,0	31,25	3) Die Oberfläche wurde krispelig.
0,315	0,296	0,511	0,474	0,415	»	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	358,7	13,56	4) Die Oberfläche wurde krispelig.
—	—	—	—	—	—	—	—			5) Es entstanden Längsrisse.
—	—	—	—	—	—	—	—	358,7	12,96	6) Die Oberfläche wurde krispelig.
—	—	—	—	—	—	—	—			
4,097	4,472	5,016	5,560	—	—	—	—	8) 1350,24	48,06	7) Die Oberfläche wurde fein krispelig.
0,363	0,375	0,544	0,544	—	—	—	—			8) Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 23 (4ter mit 1,875 m Fallhöhe).
4,665	5,088	10) 5,720	—	—	—	—	—	11) 1244,8	49,35	9) Die Oberfläche wurde krispelig.
0,444	0,423	0,632	—	—	—	—	—			10) Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messung aufgegeben.
										11) Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 22 (3ter mit 1,875 m Fallhöhe).
Bruch	—	—	—	—	—	—	—	548,5	20,11	12) Die Oberfläche wurde fein krispelig.
»	—	—	—	—	—	—	—			
4,515	4,889	5,472	14) 6,039	—	—	—	15) Bruch	1033,8	37,91	13) Die Oberfläche wurde schwach krisplg.
0,412	0,374	0,583	0,567	—	—	—	»			14) Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messung aufgegeben.
										15) Dieser Schlag wurde aus einer Fallhöhe von 1,875 m gegeben.
4,584	4,981	5,557	17) 6,200	—	—	—	16) Bruch	1033,9	37,91	16) Die Oberfläche wurde schwach krisplg.
0,411	0,397	0,576	0,643	—	—	—	»			17) Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
										18) Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 20 (1ter mit 1,875 m Fallhöhe).
4,633	5,053	19) 5,663	—	—	—	—	20) Bruch	1033,9	37,91	19) Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
0,418	0,420	0,610	—	—	—	—	»			20) Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 20 (1ter mit 1,875 m Fallhöhe).

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Gesamtdehnung und Dehnungszunahme pro Schlag											
			Schlaggruppe I				Schlaggruppe II					Schlag-		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Alum.-Bronze	9 W	1) 0,449	0,785	1,072	1,339	1,891	2,368	2,797	3,217	3,600	Bruch	—	—
			0,449	0,336	0,287	0,267	0,552	0,477	0,429	0,420	0,383	»	—	—
	» »	»	0,301	0,536	0,743	0,933	2) 1,383	1,772	2,143	2,497	2,828	3,238	3,763	4,275
			0,301	0,235	0,207	0,190	0,450	0,389	0,371	0,354	0,331	0,410	0,525	0,512
9	Alum.-Bronze	11 W	0,336	0,467	0,648	0,805	5) 1,180	1,524	1,907	2,159	2,381	2,848	Bruch	—
			0,336	0,131	0,181	0,157	0,375	0,344	0,383	0,252	0,222	0,467	»	—
	» »	»	0,261	0,463	0,628	0,669	6) 1,133	1,469	1,765	2,033	2,301	2,751	3,154	3,555
			0,261	0,202	0,165	0,041	0,464	0,336	0,296	0,268	0,268	0,450	0,403	0,401
10	Alum.-Bronze	12 W	0,056	0,080	0,101	0,117	7) Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			0,056	0,024	0,021	0,016	»	—	—	—	—	—	—	—
	» »	»	0,037	0,068	8) Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			0,037	0,031	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	Alum.-Bronze	14 W	0,257	0,372	0,541	0,695	9) 1,073	1,413	1,727	2,001	2,264	2,712	3,125	3,531
			0,257	0,115	0,169	0,154	0,378	0,340	0,314	0,274	0,263	0,448	0,413	0,406
	» »	»	0,265	0,451	0,608	0,761	12) 1,117	1,445	1,740	2,023	2,265	2,711	2,999	3,342
			0,265	0,186	0,157	0,153	0,356	0,328	0,295	0,283	0,242	0,446	0,288	0,343
12	Alum.-Bronze	15 W	0,099	0,169	15) 0,212	0,247	0,388	0,525	Bruch	—	—	—	—	—
			0,099	0,070	0,043	0,035	0,041	0,137	»	—	—	—	—	—
	» »	»	0,071	0,096	0,097	0,159	16) Bruch	—	—	—	—	—	—	—
			0,071	0,025	0,001	0,062	»	—	—	—	—	—	—	—
13	Alum.-Bronze	16 W	0,325	0,568	0,799	17) 0,985	1,445	1,865	2,207	2,575	2,909	3,453	3,950	18) 4,447
			0,325	0,243	0,231	0,186	0,460	0,420	0,342	0,368	0,334	0,544	0,497	0,497
	» »	»	0,336	0,583	0,825	1,020	1,492	1,899	2,292	2,651	2,989	Bruch	—	—
			0,336	0,247	0,242	0,195	0,472	0,407	0,393	0,359	0,338	»	—	—
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

in cm auf 20 cm Länge nach dem Schlage.								Bis zum Bruch geleistete Arbeit		Bemerkungen.
gruppe III		Schlaggruppe IV					Schlaggruppe V	Gesamt	spez.	
13	14	15	16	17	18	19	20	mkg	mkg/cm³	
—	—	—	—	—	—	—	—	295,4	10,52	[1] Die Oberfläche wurde fein knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	—			
4,761	5,232	5,873 [3]	—	—	—	—	—	949,5 [4]	34,30	[2] Die Oberfläche wurde krispelig. [3] Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messung aufgegeben.
0,486	0,471	0,641	—	—	—	—	—			[4] Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 19 (5ter mit 1,500 m Fallhöhe).
—	—	—	—	—	—	—	—	358,7	12,77	[5] Die Oberfläche wurde krispelig.
—	—	—	—	—	—	—	—			
3,947	Bruch	—	—	—	—	—	—	548,6	19,25	[6] Die Oberfläche wurde krispelig.
0,392	»	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	84,4	3,00	[7] Der Bruch erfolgte in der Hohlkehle am Kopf.
—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	42,2	1,55	[8] Der Stab zersprang in drei Teile.
—	—	—	—	—	—	—	—			
3,908	4,285	4,827	5,356	5,861 [10]	—	—	Bruch [11]	1033,9	38,49	[9] Die Oberfläche wurde krispelig. [10] Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
0,377	0,377	0,542	0,529	0,505	—	—	»			[11] Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 20 (1ter mit 1,875 m Fallhöhe).
3,719	4,075	4,632	5,145	5,639 [13]	—	—	—	1033,9 [14]	37,35	[12] Die Oberfläche wurde krispelig. [13] Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
0,377	0,356	0,557	0,513	0,494	—	—	—			[14] Der Bruch erfolgte beim Schlage No. 20 (1ter mit 1,875 m Fallhöhe).
—	—	—	—	—	—	—	—	168,8	6,10	[15] Die Oberfläche wurde knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	84,4	3,00	[16] Bruch ausserhalb der Messlänge.
—	—	—	—	—	—	—	—			
4,904	5,430	6,016 [19]	—	Bruch	—	—	—	780,7	28,20	[17] Beim 4. Schlage wurde die Oberfläche krispelig. [18] Der Stab hatte sich in der Einspannung gedreht und musste zum Ablesen der Dehnung zurückgedreht werden. [19] Unterer Einspannkopf herausgenommen und Messungen aufgegeben.
0,457	0,526	0,586	—	»	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	295,4	10,83	
—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

3. Übersicht über die Bruchdehnungen und das Aussehen der Bruchflächen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Länge der Teilung cm	Abstand der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 20 cm je 10 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 10 cm je 5 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf die Länge der Teilung %	Beschaffenheit der Bruchflächen
1	Rein-Aluminium	--	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
2	Alum.-Bronze	1 W	—	—	—	—	—	» »
3	Alum.-Bronze	2 W	20,0	1,0	25,7	29,2	24,1	Graugelb, feinkörnig mit von einer Randstelle ausgehenden Bruchlinien. Oberfläche: feinkrispelig.
			20,0	1,0	24,0	25,1	25,8	
				Mittel	24,9	27,2	25,0	
4	Alum.-Bronze	3 W	20,0	2,0	12,6	13,6	13,2	Graugelb, feinkörnig mit einer blätterigen, rissigen Stelle, Bruchrand gezackt. Oberflch.: feinkrispelig mit Längsrissen.
			20,0	1,0	11,8	11,9	11,8	
				Mittel	12,2	12,8	12,5	
5	Alum.-Bronze	4 W	20,0	4,0	45,5	52,5	45,1	Rötlichgelb, feinkörnig, Bruchrand schuppig, Trichterbildng. Oberfläche: feinkrispelig mit feinen Querrissen.
			20,0	6,0	51,0	52,8	50,7	
				Mittel	48,3	52,7	47,9	
6	Alum.-Bronze	5 W	20,0	2,0	24,9	27,5	24,9	Wie vorher. Oberfläche: krispelig.
			20,0	3,0	42,5	46,3	40,8	
				Mittel	(33,7)	(36,9)	(32,9)	
7	Alum.-Bronze	6 W	20,0	4,5	39,5	44,5	39,3	Rötlichgelb, uneben, Rand schuppig.
			20,0	4,0	39,2	43,3	37,8	Rötlichgelb, feink. mit Bruchlinien, Rand schuppig. Oberfläche: feinkrispelig.
				Mittel	39,4	43,9	38,6	
8	Alum.-Bronze	9 W	20,0	9,0	20,5	21,4	20,0	Rötlichgelb, feinkörnig, Rand schuppig, Trichterbildung. Oberfläche: schwach knittrg.
			20,0	1,5	41,9	47,9	40,3	Rötlichgelb. blätterig, mit goldgelben krystallinischen Ausscheidungen, Trichterbildung. Oberfläche: knitterig.
				Mittel	(31,2)	(34,7)	(30,2)	

3. Übersicht über die Bruchdehnungen und das Aussehen der Bruchflächen.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Länge der Teilung cm	Abstand der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 20 cm je 10 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf eine Länge von 10 cm je 5 cm vom Bruch %	Bruchdehnungen, bezogen auf die Länge der Teilung %	Beschaffenheit der Bruchflächen
9	Alum.-Bronze	11 W	20,0	4,0	13,4	13,8	13,9	Rötlichgelb, feinkörnig, mit einzelnen kleinen, hellglänzend. blätterigen Stellen, Bruchrd. schuppig. Oberfläche: feinkrispelig.
			20,0	4,0	21,8	23,5	21,1	
				Mittel	17,6	18,7	17,5	
10	Alum.-Bronze	12 W	20,0	Bruch ausserhalb der Teilung				Graugelb, feinkörnig mit Bruchlinien, muschliger Bruch. Oberfläche: unverändert.
			20,0	»	»	»	»	
				Mittel	—	—	—	
11	Alum.-Bronze	14 W	20,0	1,0	37,3	40,1	36,2	Wie bei Probe 6.
			20,0	1,0	39,5	42,8	35,1	
				Mittel	38,4	41,5	35,7	
12	Alum.-Bronze	15 W	20,0	1,5	2,3	3,5	3,8	Teils rötlichgelb, feinkörnig, dicht, teils hellblätterig. Oberfläche: schwach knittrg.
			20,0	Bruch ausserhalb der Teilung				Rötlichgelb, glänzend, m. matten Stellen. Oberfl.: unverändert.
				Mittel	—	—	—	
13	Alum.-Bronze	16 W	20,0	3,5	32,7	31,3	33,7	Rötlichgelb, kurzschuppig. Oberfläche: feinkrispelig mit kleinen Querrissen.
			20,0	4,0	16,4	18,0	15,8	
				Mittel	24,6	24,7	24,8	
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

b. Resultate der Schlag-Stauchproben.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Höhenverminderung in % der ursprünglichen aus der Fall-									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			1 m (= 56,26 mkg Arbeit)				1,5 m (= 84,39 mkg Arbeit)				2 m (= 112,52	
1	Rein-Alum.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze	1 W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	2 W	3,3	6,0	8,3 [1]	10,0	13,0	15,7	17,7	20,0 [2]	22,7 [3]	25,7
			3,7	6,3	8,3 [1]	10,6	13,3	16,3	18,3	19,9	22,9 [2]	25,6 [3]
		Mittel	3,5	6,2	8,3	10,3	13,2	16,0	18,0	20,0	22,8	25,7
4	Alum.-Bronze	3 W	3,3 [4]	6,3	8,3	10,3	13,3	16,0	18,3	20,3 [5]	23,0	26,0 [6]
			3,3	6,0 [4]	8,3	10,3	13,6	16,2	18,5	20,5 [5]	23,2 [6]	26,2 [7]
		Mittel	3,3	6,2	8,3	10,3	13,5	16,1	18,4	20,4	23,1	26,1
5	Alum.-Bronze	4 W	5,0	8,3	11,3	13,3	16,7	19,7	21,7	23,7	26,7	29,0 [10]
			4,7 [8]	7,7	10,0	12,3	15,3	18,3	21,0 [9]	22,7	25,7	27,7
		Mittel	4,9	8,0	10,7	12,8	16,0	19,0	21,4	23,2	26,2	28,4
6	Alum.-Bronze	5 W	5,0	8,6	11,6	14,0	17,6	20,3	22,9	24,9	27,6	29,9 [14]
			3,7	7,6 [13]	10,3	12,3	15,6	18,3	20,6	22,2	24,9	27,6
		Mittel	4,4	8,1	11,0	13,2	16,6	19,3	21,8	23,6	26,3	28,8
7	Alum.-Bronze	6 W	5,3	9,0	11,3	13,3	16,6	20,0	22,0	24,0	26,7	29,3
			5,0	8,3 [16]	10,6	13,0	16,3	18,6	20,9	22,9	25,6	27,9
		Mittel	5,2	8,7	11,0	13,2	16,5	19,3	21,5	23,5	26,2	28,6
8	Alum.-Bronze	9 W	6,7	11,0	14,7	17,3	21,3	24,3	26,7	29,0	31,7	34,3
			6,7	10,3	13,6	16,3	19,9	22,6	25,2	27,2	30,2	32,9
		Mittel	6,7	10,7	14,2	16,8	20,6	23,5	26,0	28,1	31,0	33,6

Wirksames Bärgewicht: 56,26 kg.

b. Resultate der Schlag-Stauchproben.

Höhe nach dem Schlage							Schlagarbeit bis zum Bruch		Bemerkungen
11	12	13	14	15	16	17			
höhe von mkg Arbeit)		2,5 m (= 140,65 mkg Arbeit)				3,0 m (=168,78 mkg Arb.)	Gesamt mkg	spez. mkg/cm³	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »
Bruch	—	—	—	—	—	—	787,64	37,15	[1] Schwach krispelig.
28,2	Bruch	—	—	—	—	—	900,16	42,06	[2] Schwache Gratbildung und Abbröckeln.
28,2	—	—	—	—	—	—	843,90	39,61	[3] Randabsplitterung u. Trennungslinien am Rand.
Bruch	—	—	—	—	—	—	787,64	37,33	[4] Krispelig.
Bruch	—	—	—	—	—	—	787,64	36,81	[5] Gratbildung. [6] Randabsplitterung. [7] Trennungslinien am Rand.
—	—	—	—	—	—	—	787,64	37,09	
31,3 [11]	34,0	36,7 [12]	Bruch	—	—	—	1153,33	54,15	[8] Feinkrispelig. [9] Geringer Prellschlag.
30,0 [10]	31,7 [11]	34,7	Bruch	—	—	—	1153,33	54,15	[10] Gratbildung. [11] Randabsplitterung. [12] Trennungslinien.
30,7	32,9	35,7	—	—	—	—	1153,33	54,15	
32,2	34,2 [15]	37,2	40,2	Bruch	—	—	1293,98	60,47	[13] Feinkrispelig.
29,6 [14]	31,6	33,9	36,2	38,5 [15]	Bruch	—	1434,63	67,04	[14] Gratbildung. [15] Trennungslinien.
30,9	32,9	35,6	38,2	38,5	—	—	1364,31	63,76	
31,7 [17]	33,7 [18]	36,3	39,3	42,3 [19]	Bruch	—	1434,63	67,67	[16] Schwach krispelig. [17] Gratbildung.
29,9	31,9	34,3 [17]	36,5 [18]	39,2	41,9 [19]	Bruch	1575,28	73,96	[18] Randabsplitterung. [19] Bruchlinien.
30,8	32,8	35,3	37,9	40,8	41,9	—	1504,96	70,82	
36,3	38,7	41,0	43,3	45,0	47,0	49,0	(2447,31) [20]	(114,90)	[20] Die Körper gingen nicht zum Bruch; Versuch nach dem 21. Schlage (1ter mit 3,5 m Fallhöhe) aufgegeben.
34,9	36,9	39,5	41,5	43,5	45,2	—	(2447,31)	(114,90)	
35,6	37,8	40,3	42,4	44,3	46,1	—	(2447,31)	(114,90)	

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Höhenverminderung in % der ursprünglichen aus der Fall-									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			1 m (= 56,26 mkg Arbeit)				1,5 m (= 84,39 mkg Arbeit)				2 m (= 112,52	
9	Alum.-Bronze	11 W	4,7	8,0 [1]	10,6	13,0	16,3	18,9	21,3	23,3	26,2 [2]	28,9 [3]
			4,3	7,6 [1]	10,3	12,6	15,9	18,9	21,3	23,3	25,9 [2]	28,9 [3]
		Mittel	4,5	7,8	10,5	12,8	16,1	18,9	21,3	23,3	26,1	28,9
10	Alum.-Bronze	12 W	1,3	2,7	3,7	4,3 [4]	6,4 [5]	Bruch	—	—	—	—
			1,3	2,7	3,3	4,3 [4]	6,0 [5]	Bruch	—	—	—	—
		Mittel	1,3	2,7	3,5	4,3	6,2	—	—	—	—	—
11	Alum.-Bronze	14 W	4,0	7,3 [6]	9,7	12,0	15,3	17,7	20,0	22,0	24,7 [6]	27,3 [8]
			4,0	7,3	10,0 [6]	12,0	15,0	17,6	20,0	22,0	24,6 [7]	27,2 [8]
		Mittel	4,0	7,3	9,9	12,0	15,2	17,7	20,0	22,0	24,7	27,3
12	Alum.-Bronze	15 W	1,7 [10]	2,7	3,3	3,7 [11]	Bruch	—	—	—	—	—
			2,0	3,7	4,7	5,7	7,3	Bruch	—	—	—	—
		Mittel	1,9	3,2	4,0	4,7	7,3	—	—	—	—	—
13	Alum.-Bronze	16 W	5,0 [13]	8,3	11,3	13,6	16,9	19,9	22,6	24,9	27,6	30,2 [14]
			4,7 [12]	8,0	11,0	12,9	16,6	19,3	21,9	23,9	26,9 [14]	29,2
		Mittel	4,9	8,2	11,2	13,3	16,8	19,6	22,3	24,4	27,3	29,7
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

höhe nach dem Schlage							Schlagarbeit bis zum Bruch		Bemerkungen
11	12	13	14	15	16	17	Gesamt mkg	spez. mkg/cm³	
höhe von mkg Arbeit)		2,5 m (= 140,65 mkg Arbeit)				3,0 m (=168,78 mkg Arb.)			
Bruch	—	—	—	—	—	—	787,64	36,81	1) Krispelig.
31,6	Bruch	—	—	—	—	—	900,16	42,06	2) Gratbildung und Abbröckeln. 3) Trennungslinien.
31,6	—	—	—	—	—	—	843,90	39,44	
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,53	4) Schwach knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,60	5) Gratbildung.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	47,57	
30,0 [9]	32,7	Bruch	—	—	—	—	1012,68	47,77	6) Feinkrispelig.
29,6 [9]	32,2	Bruch	—	—	—	—	1012,68	47,54	7) Gratbildung. 8) Randabsplitterung. 9) Trennungslinien.
29,8	32,5	—	—	—	—	—	1012,68	47,66	
—	—	—	—	—	—	—	225,04	10,62	10) Schwach knitterig.
—	—	—	—	—	—	—	309,43	14,53	11) Ein Kantenriss.
—	—	—	—	—	—	—	267,24	12,58	
32,6 [15]	35,2 [16]	Bruch	—	—	—	—	1012,68	47,54	12) Feinkrispelig. 13) Prellschlag. 14) Gratbildung.
31,6 [15]	33,9 [16]	Bruch	—	—	—	—	1012,68	47,32	15) Randabsplitterung. 16) Trennungslinien.
32,1	34,6	—	—	—	—	—	1012,68	47,43	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

Nachtrag zu den Schlagstauchproben.

Abmessungen und Volumen der Probekörper.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen der Proben		
					Höhe cm	Durchmesser cm	Volumen cm^3
1	Rein-Aluminium	—	—	—	Nicht ausgeführt		
2	Aluminium-Bronze	1 W	—	—	Nicht ausgeführt		
3	Aluminium-Bronze	2 W	goldgelb	2	3,00	3,00	21,2
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,3
4	Aluminium-Bronze	3 W	goldgelb	2	3,00	2,99	21,1
					3,02	3,00	21,4
						Mittel	21,3
5	Aluminium-Bronze	4 W	goldgelb	2	3,00	3,01	21,3
					3,00	3,01	21,3
						Mittel	21,3
6	Aluminium-Bronze	5 W	goldgelb	2	3,01	3,01	21,4
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,4
7	Aluminium-Bronze	6 W	goldgelb	2	3,00	3,00	21,2
					3,01	3,00	21,3
						Mittel	21,3

Nachtrag zu den Schlagstauchproben.

Abmessungen und Volumen der Probekörper.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Farbe des Materials	Anzahl der Einzelproben	Abmessungen der Proben		
					Höhe cm	Durchmesser cm	Volumen cm^3
8	Aluminium-Bronze	9 W	goldgelb	2	3,00	3,01	21,3
					3,01	3,00	21,3
						Mittel	21,3
9	Aluminium-Bronze	11 W	goldgelb	2	3,01	3,01	21,4
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,4
10	Aluminium-Bronze	12 W	goldgelb	2	2,99	3,01	21,3
					3,00	3,00	21,2
						Mittel	21,3
11	Aluminium-Bronze	14 W	goldgelb	2	3,00	3,00	21,2
					3,01	3,00	21,3
						Mittel	21,3
12	Aluminium-Bronze	15 W	goldgelb	2	3,00	3,00	21,3
					3,00	3,01	21,3
						Mittel	21,3
13	Aluminium-Bronze	16 W	goldgelb	2	3,01	3,00	21,3
					3,01	3,01	21,4
						Mittel	21,4
14	Rein-Kupfer	—	—	—	Nicht ausgeführt		

c. Resultate der Schlag-Biegeproben.

Stützweite = 45 cm. Fallbärgewicht = 56,14 kg.

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite b cm	Höhe h cm	Widerstandsmoment $\frac{1}{6}$ b h²	Gesamtdurchbiegung in cm nach den Schlägen: 1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4	4	4	4 mit den Schlag-
						56,1	84,2	112,2	140,3	168,3	196,4	224,6	224,6	224,6	224,6	224,6
1	Rein-Alum.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Alum.-Bronze	1 W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Alum.-Bronze	2 W	5,01	5,01	2096	0,20	0,49	0,93	1,24	1,77	2,36	2,99	3,57	4,09	4,55	4,97
			5,02	5,00	2092	0,23	0,48	0,79	1,20	1,67	2,29	2,86	Bruch	—	—	—
					Mittel	0,22	0,49	0,86	1,22	1,72	2,33	2,93	—	—	—	—
4	Alum.-Bronze	3 W	5,04	5,08	2168	0,18	0,42	0,69	1,04	1,46	1,93	2,49	2,98	3,43	3,86	4,24
			5,05	5,03	2129	0,22	0,48	0,80	1,19	1,64	2,14	2,73	3,22	3,71	4,08	4,48
					Mittel	0,20	0,45	0,75	1,12	1,55	2,04	2,61	3,10	3,57	3,97	4,36
5	Alum.-Bronze	4 W	5,01	5,03	2113	0,38	0,85	1,44	2,15	2,91	3,75	4,62	5,38	6,04	6,66	7,19
			5,02	5,06	2142	0,37	0,83	1,42	2,11	2,85	3,69	4,55	5,28	9,55	6,52	7,06
					Mittel	0,38	0,84	1,43	2,13	2,88	3,72	4,59	5,33	7,80	6,59	7,13
6	Alum.-Bronze	5 W	5,03	5,05	2138	0,40	0,96	1,66	2,46	3,34	4,31	5,37	6,22	7,00	7,71	8,35
			5,03	5,02	2113	0,42	0,92	1,61	2,39	3,24	4,15	5,12	5,98	6,64	7,34	8,00
					Mittel	0,41	0,94	1,64	2,43	3,29	4,23	5,25	6,10	6,82	7,53	8,18
7	Alum.-Bronze	6 W	5,06	5,01	2117	0,40	0,93	1,59	2,34	3,22	4,12	5,09	5,93	6,69	7,39	8,00
			5,02	5,04	2125	0,42	0,94	1,56	2,32	3,14	4,04	5,00	5,82	6,57	7,24	7,84
					Mittel	0,41	0,94	1,58	2,33	3,18	4,08	5,05	5,88	6,63	7,32	7,92

c. Resultate der Schlag-Biegeproben.

Stützweite = 45 cm. Fallbärgewicht = 56,14 kg.

aus den Fallhöhen in m						Gesamt Schlagarbeit vor dem Bruch mkg	Bruchaussehen Beschreibung	Bemerkungen
4	4	4	4	4	4			
arbeiten in mkg								
224,6	224,6	224,6	224,6	224,6	224,6			
—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
5,39	Bruch	--	—	—	—	2105,3	Graugelb feinkörnig mit von den beiden Enden der Zugseite ausgehenden Bruchlinien.	Die erste Probe zeigte beim 9. Schlage, die zweite Probe beim 7. Schlage kleine Kantenrisse.
—	—	—	—	—	—	982,5		
—	—	—	—	—	—	1543,9		
Bruch	—	—	—	—	—	1880,7	Wie bei Probe 2 W mit vielen Rissen.	Die Proben zeigten beim 7. resp. 5. Schlage kleine Kantenrisse.
4,77	5,14	5,49	Bruch	—	—	2554,4		
—	—	—	—	—	—	2217,6		
7,67	8,15	8,56	8,96	9,30	(9,62)	(3228,1)	Nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim 11. resp. 12. Schlage aus 4 m Fallhöhe mit der untern Fläche auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher und deshalb bei der ersten Probe eingeklammert, bei der zweiten Probe betrug sie 97,3 mkg.
7,56	8,00	8,38	8,79	9,14	9,44	(3228,1)		
7,62	8,08	8,47	8,88	9,22	(9,53)	(3228,1)		
8,93	9,47	(9,94)	—	—	—	(2554,4)	Nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim 8. resp. 9. Schlage aus 4 m Fallhöhe mit der untern Fläche auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher und deshalb eingeklammert.
8,54	9,09	9,54	(9,96)	—	—	(2778,9)		
8,74	9,28	(9,74)	—	—	—	(2666,7)		
8,54	9,04	9,46	—	—	—	(2554,4)	Nicht gebrochen.	Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim 9. Schlage aus 4 m Fallhöhe auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher und deshalb eingeklammert.
8,40	8,86	9,36	(9,80)	—	—	(2778,9)		
8,47	8,95	9,41	—	—	—	(2666,7)		

Lauf. No.	Benennung des Materials	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite b cm	Höhe h cm	Widerstandsmoment $\frac{1}{6}$ b h²	Gesamtdurchbiegung in cm nach den Schlägen 1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4 mit den Schlag-	4 mit den Schlag-	4 mit den Schlag-	4 mit den Schlag-
						56,1	84,2	112,2	140,3	168,3	196,4	224,6	224,6	224,6	224,6	224,6
8	Alum.-Bronze	9 W	5,02	5,04	2125	0,56	1,31	2,18	3,20	4,26	5,44	6,61	7,66	8,54	9,34	(9,98)
			5,04	5,06	2150	0,45	0,99	1,69	2,47	3,35	4,30	5,31	6,19	7,02	7,72	8,37
					Mittel	0,51	1,15	1,94	2,84	3,81	4,87	5,96	6,93	7,78	8,53	(9,18)
9	Alum.-Bronze	11 W	5,02	5,00	2092	0,35	0,78	1,30	1,95	2,67	3,44	4,34	Bruch	—	—	—
			5,03	5,03	2121	0,33	0,72	1,24	1,85	2,50	3,27	4,14	4,85	5,54	6,56	Bruch
					Mittel	0,34	0,75	1,27	1,90	2,59	3,36	4,24	—	—	—	—
10	Alum.-Bronze	12 W	5,02	5,00	2092	0,04	0,12	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
			5,00	5,00	2083	0,02	0,07	0,18	Bruch		—	—	—	—	—	—
					Mittel	0,03	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	Alum.-Bronze	14 W	5,03	5,05	2138	0,18	0,57	0,99	1,51	2,13	2,79	3,50	4,15	4,71	5,24	5,72
			5,06	5,00	2108	0,28	0,66	1,09	1,65	2,29	2,97	3,77	4,42	5,02	5,59	6,08
					Mittel	0,23	0,62	1,04	1,58	2,21	2,88	3,64	4,29	4,87	5,42	5,90
12	Alum.-Bronze	15 W	5,05	5,01	2113	0,13	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			5,02	5,01	2100	0,12	0,23	Bruch	—	—	—	—	—	—	—	—
					Mittel	0,13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	Alum.-Bronze	16 W	5,10	5,03	2151	0,40	0,91	1,56	2,33	3,23	4,19	5,22	6,14	6,95	7,64	8,34
			5,00	5,00	2083	0,41	0,93	1,59	2,34	3,18	4,19	5,14	6,07	6,86	7,62	8,28
					Mittel	0,41	0,92	1,58	2,34	3,21	4,19	5,18	6,11	6,91	7,63	8,31
14	Rein-Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bemerkung: Bei Berechnung der Gesamtschlagarbeit vor dem Bruch ist *a)* für die erfolgte, nicht mit in Rechnung gezogen; dagegen ist *b)* für die gebrochenen Stäbe der letzte

aus den Fallhöhen in m						Gesamt Schlagarbeit vor dem Bruch mkg	Bruchaussehen Beschreibung	Bemerkungen
4	4	4	4	4	4			
arbeiten in mkg								
224,6	224,6	224,6	224,6	224,6	224,6			
—	—	—	—	—	—	(1880,7)	Nicht gebrochen.	Die Oberfläche wurde beim Schlage aus 2,5 m Fallhöhe knitterig. Die Proben setzten beim 5. resp. 8. Schlage aus 4 m Fallhöhe auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher und deshalb eingeklammert.
8,93	9,48	(9,95)	—	—	—	(2554,4)		
—	—	—	—	—	—	(2217,6)		
—	—	—	—	—	—	982,5	Rötlichgelb, feinkörnig mit blättrigen Stellen und von der Zugseite ausgehenden Bruchlinien.	Die Proben zeigten beim Schlage aus 2.5 resp. dem 1. aus 4 m Fallhöhe Kantenrisse.
—	—	—	—	—	—	1656,1		
—	—	—	—	—	—	1319,3		
—	—	—	—	—	—	140,4	Rötlichgelb, feinkörnig bis schuppig, teils matt, teils glänzend, Bruchlinien, von einer Ecke d. Zugseite ausgehend. Muschliger Bruch.	—
—	—	—	—	—	—	252,6		
—	—	—	—	—	—	196,5		
6,16	6,54	Bruch	—	—	—	2329,8	Graugelb, feinkörnig, mit von den beiden Ecken der Zugseite ausgehenden Bruchlinien.	Die Proben zeigten beim 1. resp. 3 Schlage aus 4 m Fallhöhe Kantenrisse.
6,58	6,97	7,32	7,74	Bruch	—	2778,9		
6,37	6,76	—	—	—	—	2554,4		
—	—	—	—	—	—	56,1	Rötlichgelb, blättriges, muschliges, teils glänzendes, teils mattes Gefüge.	—
—	—	—	—	—	—	140,4	Rötlichgelb, grobkörnig.	
—	—	—	—	—	—	98,3		
8,93	9,49	(9,99)	—	—	—	(2554,4)	Nicht gebrochen.	Die Oberfläche zeigte beim 4. Schlage aus 4 m Fallhöhe feine Kantenrisse. Die Proben kamen beide nicht zum Bruch. Sie setzten beim 8. Schlage aus 4 m Fallhöhe auf die Schabotte auf. Die für diesen Schlag ermittelte Durchbiegung ist unsicher und desshalb eingeklammert.
8,94	9,49	(10,00)	—	—	—	(2554,4)		
8,94	9,49	(10,00)	—	—	—	(2554,4)		
—	—	—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.

gebrochenen Stäbe die Wirkung (Arbeitsgrösse) desjenigen Schlages, unter welchem der Bruch Schlag, auch wenn die Probe zur Auflage kam, mitgerechnet.

4. Resultate der Untersuchung der Festigkeitsverhältnisse eines Rein-Aluminiumbleches und dreier Bleche aus Aluminium-Bronze.

Zu vorliegender Untersuchung lieferte die Direktion der *Aluminium-Industrie-Gesellschaft zu Neuhausen*

an *Rein-Aluminium:* 1 Blechtafel von $100 \times 100 \times 0{,}7$ cm;
an *Aluminium-Bronzen:* 1 » » $50 \times 220 \times 1{,}2$ » ,
1 » » $50 \times 220 \times 1{,}4$ » ,
ferner 1 » » $50 \times 220 \times 1{,}6$ » ,

in die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt ein, die laut Programm der Arbeit, vergl. die Einleitung auf S. 14, benutzt wurden zur Feststellung:

der *chemischen Zusammensetzung,*
der *Elasticität- und Zugfestigkeit,*
der *Biegsamkeit* im Anlieferungszustande, (Kaltbruchprobe).
der *Biegsamkeit* in abgeschrecktem Zustande (Härtebiegeprobe),
der *Biegsamkeit* im warmen Zustande (Rotbruchprobe), endlich zur *Feststellung der Einflüsse des Bohrens* und *Stanzens* auf die Kohäsionsverhältnisse des Materials.

Umstehende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate.

A. Resultate der chemischen Analysen und der umfassenden Zerreissproben.

Lauf. No.	Richtung der Entnahme der Proben	Anzahl der Einzel-proben	Bezeichnung der Probe	Chemische Zusammensetzung				Elasticitäts-Modul	Grenz-Modul	Streck-grenze
				Al %	Cu %	Fe %	Si %	ε t/cm²	γ t/cm²	σ t/cm²
	a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm).									
1	Längs	2	1 A	99,06	—	0,49	0,42	718	0,50	1,40
2	»		2 A	»	—	»	»	734	0,45	1,33
							Mittel	726	0,48	1,37
3	Quer	2	1 B	99,06	—	0,49	0,42	708	0,44	1,26
4	»		2 B	»	—	»	»	671	unsicher	1,27
							Mittel	690	0,44	1,27
	b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).									
5	Längs	4	3 I	95,26	4,88	Spur	0,08	1327	0,78	1,92
6	»		5 I	»	»	»	»	1314	unsichre	1,94
7	»		7 I	»	»	»	»	1314	0,72	1,94
8	»		9 I	»	»	»	»	1306	0,86	1,94
							Mittel	1315	0,79	1,94
9	Quer	2	1 I	95,26	4,88	Spur	0,08	1272	0,64	1,92
10	»		11 I	»	»	»	»	1250	0,87	2,03
							Mittel	1261	0,76	1,98
	c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: 1,4 cm).									
11	Längs	4	3 II	95,20	5,10	Spur	0,09	1255	0,63	1,61
12	»		5 II	»	«	»	»	1289	0,64	1,62
13	»		7 II	»	»	»	»	1277	0,87	1,56
14	»		9 II	»	»	»	»	1281	0,64	1,56
							Mittel	1276	0,70	1,59

*) λ_2 ist erhoben für eine Messlänge $l = 11{,}3\sqrt{F} = 17{,}0$ cm im Fall No. 1 u. 3

A. Resultate der chemischen Analysen und der umfassenden Zerreissproben.

Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %*)	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
						a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm).	
1,52	1,0	6,9	4,5	43,0	0,07	Vollkommen intakt	Feinsehnig; fehlerfrei.
1,53	1,7	7,0	5,0	45,0	0,08	» »	» »
1,53	1,4	7,0	4,8	44,0	0,08		
1,40	1,9	8,3	5,6	49,0	0,08	Vollkommen intakt	Feinsehnig; fehlerfrei.
1,41	1,7	8,3	5,8	51,0	0,08	» »	» »
1,41	1,8	8,3	5,7	50,0	0,08		
						b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).	
4,24	39,4	56,8	48,1	65,0	2,04	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; Spur verwalzter Gussporen.
4,24	41,6	61,0	51,3	64,5	2,17	» »	Feinsehnig, sammetartig; Spur verwalzter Gussporen.
4,24	48,3	60,1	54,7	67,0	2,32	» »	Feinsehnig, sammetartig; fehlerfrei.
4,25	42,3	62,1	52,2	66,0	2,22	» »	Ähnlich wie bei No. 5.
4,24	42,9	60,0	51,6	65,6	2,19		
4,20	46,1	61,1	53,6	64,0	2,25	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; mit zahlreichen, verwalzten Gussporen.
4,25	40,1	58,1	49,1	66,0	2,09	» »	Feinsehnig, sammetartig; fehlerfrei.
4,23	43,1	59,6	51,4	65,0	2,17		
						c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: (1,4 cm).	
4,05	54,6	70,6	62,6	70,0	2,53	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; mit 1 verwalzten Blase.
4,05	47,2	66,0	56,6	69,0	2,29	» »	Feinsehnig, sammetartig; mit Spuren verwalzter Gussporen.
4,05	52,3	66,5	59,4	70,0	2,40	» »	Feinsehnig, sammetartig; mit Spuren verwalzter Gussporen.
4,07	52,3	74,5	63,4	70,5	2,58	» »	Feinsehnig, sammetartig; fehlerfrei.
4,06	51,6	69,4	60,5	69,9	2,45		

16,0 cm im Fall No. 2 u. 4.

Lauf. No.	Richtung der Entnahme der Proben	Anzahl der Einzel-proben	Bezeichnung der Probe	Chemische Zusammensetzung				Elasticitäts-Modul ε t/cm²	Grenz-Modul γ t/cm²	Streck-Grenze σ t/cm²
				Al %	Cu %	Fe %	Si %			
15	Quer	2	I II	95,20	5,10	Spur	0,09	1294	0,65	1,65
16	»		II II	»	»	»	»	1287	0,64	1,51
							Mittel	1291	0,65	1,58
	d. Aluminium-Bronze-Blech (Dicke: 1,6 cm).									
17	Längs	4	3 III	95,28	4,60	Spur	0,18	1290	0,59	2,85
18	»		5 III	»	»	»	»	1275	0,48	2,85
19	»		7 III	»	»	»	»	1287	0,49	2,92
20	»		9 III	»	»	»	»	1295	0,59	2,91
							Mittel	1287	0,54	2,88
21	Quer	2	I III	95,28	4,60	Spur	0,18	1255	0,49	2,96
22	»		II III	»	»	»	»	1247	0,48	2,83
							Mittel	1251	0,49	2,90

Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	Dehnung nach Bruch pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Oberflächenbeschaffenheit der Probe nach Bruch	Beschaffenheit des Bruchgefüges
4,12	46,4	64,2	55,3	68,0	2,28	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; mit verwalzten Gussporen.
4,00	46,4	48,4	47,1	52,5	1,88	» »	Feinsehnig, sammetartig; mit Spuren verwalzter Gussporen.
4,06	46,4	56,3	51,2	60,3	2,08		

d. Aluminium-Bronze-Blech (Dicke: 1,6 cm).

4,30	39,9	55,8	47,8	69,5	2,06	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; fehlerfrei.
4,30	39,9	54,7	47,3	64,3	2,03	» »	Feinsehnig, sammetartig; mit einer durchgehenden Naht (verwalzte Blase).
4,30	38,4	56,4	47,4	68,0	2,04	» »	Feinsehnig, sammetartig; Spuren verwalzter Gussporen.
4,30	37,0	56,9	46,9	64,5	2,02	» »	Feinsehnig, sammetartig; fehlerfrei.
4,30	38,8	56,0	47,4	66,6	2,04		
4,33	36,9	55,7	46,3	68.0	2,00	Vollkommen intakt	Feinsehnig, sammetartig; Spuren verwalzter Gussporen.
4,21	38,1	54,5	46,3	62,5	1,95	» »	Feinsehnig, sammetartig; mit zahlr. verwalzten Gussporen.
4,27	37,5	55,1	46,3	65,3	1,98		

B. Resultate der technologischen Kaltbruchproben.

Lauf. No.	Richtung der Entnahme der Probe	Anzahl der Einzelproben	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α °	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 60\frac{s}{r}$	Bemerkungen
			a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm).						
1	Längs	2	1 A	5,17	0,70	180	0,45	78	Beginn der Querrissigkeit.
2	»		2 A	5,05	0,70	170	0,65	54	» » »
					Mittel	175	0,55	66	
3	Quer	2	1 B	5,12	0,70	170	0,45	78	Beginn der Querrissigkeit.
4	»		2 B	5,13	0,70	180	0,40	87	» » »
					Mittel	175	0,42½	82½	
			b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).						
5	Längs	2	4 I	5,00	1,18	180	0,59	100	Vollkommen intakt.
6	»		8 I	4,99	1,17	180	0,58½	100	» »
					Mittel	180	0,59	100	
7	Quer	2	2 I	5,02	1,17	180	0,58½	100	Vollkommen intakt.
8	»		10 I	5,00	1,18	180	0,59	100	» »
					Mittel	180	0,59	100	
			c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: 1,4 cm).						
9	Längs	2	4 II	5,00	1,44	180	0,72	100	Vollkommen intakt.
10	»		8 II	5,00	1,44	180	0,72	100	» »
					Mittel	180	0,72	100	
11	Quer	2	2 II	4,98	1,44	180	0,72	100	Vollkommen intakt.
12	»		10 II	5,02	1,44	180	0,72	100	» »
					Mittel	180	0,72	100	
			d. Aluminium-Bronze-Blech No. III (Dicke: 1,6 cm).						
13	Längs	2	4 III	5,00	1,56	180	0,78	100	Vollkommen intakt.
14	»		8 III	4,99	1,52	180	0,76	100	» »
					Mittel	180	0,77	100	
15	Quer	2	2 III	4,98	1,52	180	0,76	100	Vollkommen intakt.
16	»		11 III	4,99	1,54	180	0,77	100	» »
					Mittel	180	0,77	100	

C. Resultate der technologischen Härte-Biegeproben.

Lauf. No.	Richtung der Entnahme der Probe	Anzahl der Einzelproben	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α °	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 50\frac{s}{r}$	Bemerkungen
			a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm)*).						
1	Längs	1	1 A	5,10	0,70	180	0,35	100	Vollkommen intakt.
2	Quer	1	1 B	5,10	0,70	180	0,35	100	» »
			b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).						
3	Längs	1	8 I	5,00	1,16	180	0,58	100	Vollkommen intakt.
4	Quer	1	10 I	5,00	1,17	180	0,58½	100	» »
			c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: 1,4 cm).						
5	Längs	1	8 II	5,01	1,44	180	0,72	100	Vollkommen intakt.
6	Quer	1	10 II	5,00	1,44	180	0,72	100	» »
			d. Aluminium-Bronze-Blech No. III (Dicke: 1,6 cm).						
7	Längs	1	8 III	5,00	1,53	180	0,76½	100	Vollkommen intakt.
8	Quer	1	10 III	4,99	1,56	180	0,78	100	» »

*) Erwärmt auf ca. 400° C. und in kaltem Wasser von 25° C. abgeschreckt; die Bronze-Blech-Abschnitte wurden vor der Abkühlung auf Dunkelrotgluth (ca. 600° C.) erhitzt.

D. Resultate der technologischen Warmbruchproben.

Lauf. No.	Richtung der Entnahme der Probe	Anzahl der Einzel-proben	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Breite cm	Abmessungen Dicke cm	Biegungs-Winkel α °	Mittlerer Krümmungs-Radius r cm	Krümmungs-Koeff. $\varkappa = 60\frac{a}{r}$	Bemerkungen
			a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm). *)						
1	Längs	2	1 A	5,10	0,70	180	0,35	100	Vollkommen intakt.
2	»		2 A	5,00	0,70	180	0,35	100	» »
					Mittel	180	0,35	100	
3	Quer	2	1 B	5,01	0,70	180	0,35	100	Vollkommen intakt.
4	»		2 B	5,05	0,70	180	0,35	100	» »
					Mittel	180	0,35	100	
			b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).						
5	Längs	1	4 I	5,00	1,16	180	0,58	100	Vollkommen intakt.
6	Quer	1	2 I	5,01	1,16	180	0,58	100	» »
			c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: 1,4 cm).						
7	Längs	1	4 II	5,00	1,45	180	0,72½	100	Vollkommen intakt.
8	Quer	1	2 II	4,96	1,42	180	0,71	100	» »
			d. Aluminium-Bronze-Blech No. III (Dicke: 1,6 cm).						
9	Längs	1	4 III	5,00	1,54	180	0,77	100	Vollkommen intakt.
10	Quer	1	2 III	4,99	1,53	180	0,76½	100	» »

*) Erhitzt auf ca. 400° C.; die Temperatur lag zwischen der Cadmium- (315° C.) und der Zink- (412° C.) jedoch in Nähe der Zink-Schmelztemperatur. Die Aluminium-Bronzen wurden bei ca. 600° C. dunkelrotwarm gemacht.

E. Resultate der Lochungsversuche.

Lauf. No.	Bezeichnung der Probe	Richtung der Entnahme der Probe	Art der Lochung	Lochweite cm	Verhältnis der Lochweite zur Blechstärke	Verhältnis der Lochnaht zur Lochweite	Abmessung der Lochnaht: Breite cm	Dicke cm	Fläche cm²	Zugfestigkeit: total t	pro cm² t
			a. Rein-Aluminium-Blech (Dicke: 0,7 cm).								
1	1 u. 2 A	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	1,53
2	1 L	»	gebohrt	1,4	2,0	1,5	2,10	0,71	1,49	2,48	1,66
3	3 L	»	»	»	»	»	2,09	0,70½	1,47	2,44	1,66
									Mittel	2,46	1,66
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+8,5 %
4	1 u. 2 B	Quer	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	1,41
5	1 Q	»	gebohrt	1,4	2,0	1,5	2,11	0,71	1,50	2,28	1,52
6	3 Q	»	»	»	»	»	2,10	0,71	1,49	2,31	1,55
									Mittel	2,30	1,54
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+9,2 %
7	1 u. 2 A	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	1,53
8	2 L	»	gestanzt	1,4	2,0	1,5	2,13	0,71	1,51	2,55	1,69
9	4 L	»	»	»	»	»	2,13	0,70½	1,50	2,50	1,67
									Mittel	2,53	1,68
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+9,8 %
10	1 u. 2 B	Quer	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	1,41
11	2 Q	»	gestanzt	1,4	2,0	1,5	2,13	0,71	1,51	2,32	1,54
12	4 Q	»	»	»	»	»	2,10	0,71	1,49	2,34	1,57
									Mittel	2,33	1,56
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+10,6 %
			b. Aluminium-Bronze-Blech No. I (Dicke: 1,2 cm).								
13	3–9 I	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	4,29
14	I A	»	gebohrt	c. 2,4	c. 2,0	1,29	3,09	1,19	3,68	17,40	4,73
15	I B	»	»	c. 2,4	c. 2,0	1,31	3,15	1,19	3,75	17,50	4,67
									Mittel	17,45	4,70
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+9,6 %

Lauf. No.	Bezeichnung der Probe	Richtung der Entnahme der Probe	Art der Lochung	Lochweite cm	Verhältnis der: Lochweite zur Blechstärke	Verhältnis der: Lochnaht zur Lochweite	Abmessung der Lochnaht: Breite cm	Dicke cm	Fläche cm²	Zugfestigkeit: total t	pro cm² t
16	3—9 I	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	4,29
17	I D	»	gebohrt	c. 2,4	c. 2,0	1,34	3,23	1,19	3,84	17,75	4,62
18	I E	»	»	c. 2,4	c. 2,0	1,34	3,23	1,19	3,84	17,70	4,61
									Mittel	17,73	4,62
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+7,7 %
			c. Aluminium-Bronze-Blech No. II (Dicke: 1,4 cm).								
19	3—9 II	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	4,06
20	II D	»	gebohrt	c. 2,8	c. 2,0	1,32	3,82	1,42	5,42	24,40	4,50
21	II E	»	»	c. 2,8	c. 2,0	1,38	3,87	1,40	5,42	24,75	4,57
									Mittel	24,58	4,54
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+11,8 %
22	3—9 II	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	4,06
23	II A	»	gestanzt	c. 2,8	c. 2,0	1,32	3,70	1,43	5,29	21,00	3,97
24	II B	»	»	c. 2,8	c 2,0	1,32	3,70	1,43	5,29	19,50	3,69
									Mittel	20,25	3,83
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		−5,7 %
			d. Aluminium-Bronze-Blech No. III (Dicke: 1,6 cm).								
25	3–9 III	Längs	ungelocht	—	—	—	—	—	—	—	4,30
26	III D	»	gebohrt	c. 3,1	c. 2,0	1,49	4,61	1,57	7,24	34,45	4,76
27	III E	»	»	c. 3,1	c. 2,0	1,48	4,60	1,57	7,22	34,45	4,77
										34,45	4,77
									Änderung der ursprüngl. Zugfestigkeit		+10,9 %

5. Änderungen der Zugfestigkeit des Rein-Aluminiums durch Schmieden und Druck.

Lauf. No.	Behandlung des Materials	Chemische Zusammensetzung Al %	Fe %	Si %	Streckgrenze σ t/cm²	Zugfestigkeit β t/cm²	Bruchdehnung λ %	Dehnung nach Bruch pro 10 cm λ_1 %	pro 20 cm λ_2 %	Kontraktion φ %	Arbeitskoeffizient nach Tetmajer $c=\beta\frac{\lambda_2}{100}$	Bemerkungen
1	Gegossen	98,77	0,61	0,45	0,26	0,92	10,5	12,9	11,7	16,0	0,11	Material fehlerfrei.
2	vergl. Abbild. 1–3 auf Tafel VIII.				0,26	1,04	12,4	16,2	14,3	20,0	0,15	
3					0,32	0,96	10,7	13,3	12,0	17,0	0,12	
				Mittel	0,28	0,97	11,2	14,1	12,7	17,7	0,13	
4	Überschmiedet	98,65	0,61	0,38	0,72	1,10	—	26,6	—*)	71,0	—*)	*) Bruch in Nähe des Kopfes.
5	vergl. Abbild. 1–3 auf Tafel VIII.				0,93	1,26	14,2	33,6	23,9	73,0	0,30	
6					0,90	1,27	12,5	30,1	21,3	71,0	0,27	
				Mittel aus 5 u. 6	0,92	1,27	13,4	31,8	22,6	72,0	0,29	
	Änderungen der ursprüngl. Festigkeitsverh.				+228 %	+30,9 %	+19,6 %	+126 %	+70,1 %	+307 %	+123 %	
7	Gedichtet nach *Markotti*	—	—	—	1,77	2,98	(2,6*)	—	—	14,0	—*)	*) Bruch in Nähe des Kopfes.
8**)	Gegossen *)	—	—	—	1,00	1,80	—	—	19,1	—	—	
9**)	Gedichtet nach *Markotti*	—	—	—	1,85	2,10	—	—	6,2	—	—	
10**)					2,00	2,65	—	—	6,0	—	—	
11**)					2,09	2,60	—	—	3,6	—	—	
				Mittel	1,98	2,45	—	—	5,3	—	—	
	Änderungen der ursprüngl. Festigkeitsverh.				+ 98 %	+36,1 %	–	–	−72,2 %	–	–	

**) Angaben der Fabrik. *) Mit 6 % Cu versetztes Rein-Aluminium; roh.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. **Geschichtliches** 3

II. **Methoden der Untersuchung der chem.-phys. Eigenschaften des Aluminiums und seiner Legierungen** . . 17

1. Methoden der chemisch-analytischen Untersuchungen.
Bericht des Herrn Prof. Dr. *G. Lunge*-Zürich 17

a) Auflösung 18
b) Bestimmung des Kupfers 19
c) Bestimmung von Eisen und Aluminium 22
Systematischer Gang der Analysen 23

2. Methoden der mechan.-physikalischen Untersuchungen.

A. Methoden der Untersuchung der statischen Festigkeits-Verhältnisse 24

a) Die umfassende Biegeprobe 24
b) Die technologischen Biegeproben 29
c) Die umfassende Zerreissprobe 31
d) Die umfassende Druckprobe 36
e) Die Scherprobe 40
f) Die umfassende Torsionsprobe,
Bericht des Herrn *J. Bauschinger*, weil. Prof., München. 41
g) Die Warm-Kaltschmiedeproben 51
h) Die Probe auf Lochbarkeit 52
i) Die Abnützungs-Versuche 53

B. Methoden der Prüfung der dynamischen Festigkeitsverhältnisse des Aluminiums und seiner Legierungen,
Bericht des Herrn Geheimrat Prof. *A. Martens*, Vorsteher der kgl. preuss. mech.-techn. Versuchsanstalten, Charlottenburg 57

Seite

a) Schlagbiegeversuche 58
b) Schlagzugversuche 59
c) Die Stauchversuche 60

III. Resultate der chemisch-analytischen Untersuchungen des Aluminiums und seiner Legierungen 62

1. Resultate der kleinen oder orientierenden Versuchsreihe; gegossenes Material.

A. Resultate der chemischen Analysen und Zerreissproben (B) 62

2. Resultate der umfassenden Versuchsreihe; gegossenes Material.

A. Resultate der chemischen Analysen 68
B. Resultate der umfassenden Zerreissproben . . . 72
C. Resultate der technologischen Kaltbruchproben . 76
D. Resultate der technologischen Rotbruchproben . 78
E. Resultate der Schmiedeproben 80
F. Resultate der Scherproben 82
G. Resultate der Druck- und Stauchproben . . . 84
H. Resultate der umfassenden Biegeproben 88
I. Resultate der Torsionsproben 92
K. Resultate der Abnützungsproben 96
L. Resultate der dynamischen Festigkeitsproben

a) Resultate der Schlag-Zugproben 98
b) Resultate der Schlag-Stauchproben 110
Nachtrag zu den Schlag-Stauchproben: Abmessungen und Volumen der Probekörper 114
c) Resultate der Schlag-Biegeproben 116

3. Resultate der umfassenden Versuchsreihen; gewalztes Material.

A. Einleitende Bemerkungen 121
B. Resultate der chemischen Analysen 122
C. Resultate der umfassenden Zerreissproben . . . 126
D. Resultate der technologischen Kaltbruchproben . 130

Seite

E. Resultate der technologischen Rotbruchproben . 132
F. Resultate der Scherproben 134
G. Resultate der Druck- und Stauchproben . . . 136
H. Resultate der umfassenden Biegeproben 140
I. Resultate der Torsionsproben 144
K. Resultate der dynamischen Festigkeitsproben.
a) Resultate der Schlag-Zugproben 148
b) Resultate der Schlag-Stauchproben 158
Nachtrag zu den Schlag-Stauchproben: Abmessungen und Volumen der Probekörper 162
c) Resultate der Schlag-Biegeproben 164

4. Resultate der Untersuchung der Festigkeitsverhältnisse eines Rein-Aluminiumbleches und dreier Bleche aus Aluminiumbronze 169

A. Resultate der chemischen Analysen und der umfassenden Zerreissproben 170
B. Resultate der technologischen Kaltbruchproben . 174
C. Resultate der technologischen Härtebiegeproben 175
D. Resultate der technologischen Warmbruchproben 176
E. Resultate der Lochungs-Versuche 177

5. Änderungen der Zugfestigkeit des Rein-Aluminiums durch Schmieden und Druck 179

Druckfehler.

Auf Seite 72: unter lauf. No. 1, Kolumne »Grenzmodul«
statt 1,21 lies 0,121
» 1,36 » 0,136; Mittel: 0,13.

Auf Seite 84: unter lauf. No. 1, Kolumne »Benennung des Materials«,
statt Alum.-Bronze lies »*Rein-Aluminium*«.

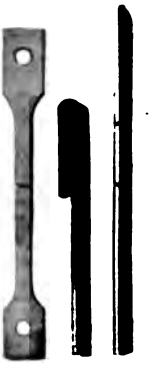
REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

Darstellung der Zerreiss-, V

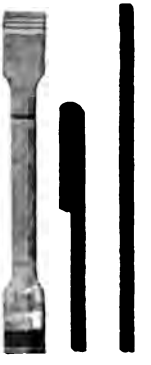
Taf. I

1. Serie: **Gegossene**



Nr. 1.

Nr. 2.



Nr. 3.

N

Nr. 8.

Nr. 9.

Nr. 10.

N

PHOTOTYPIE: „POLYGRAF

s-, Warm- und Kaltbruch-Proben.

ossene **Aluminium-Bronzen.** Taf. I.

Nr. 4.

Nr. 5.

Nr. 6.

Nr. 7.

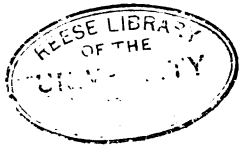
Nr. 11.

Nr. 12.

Nr. 13.

Nr. 14.

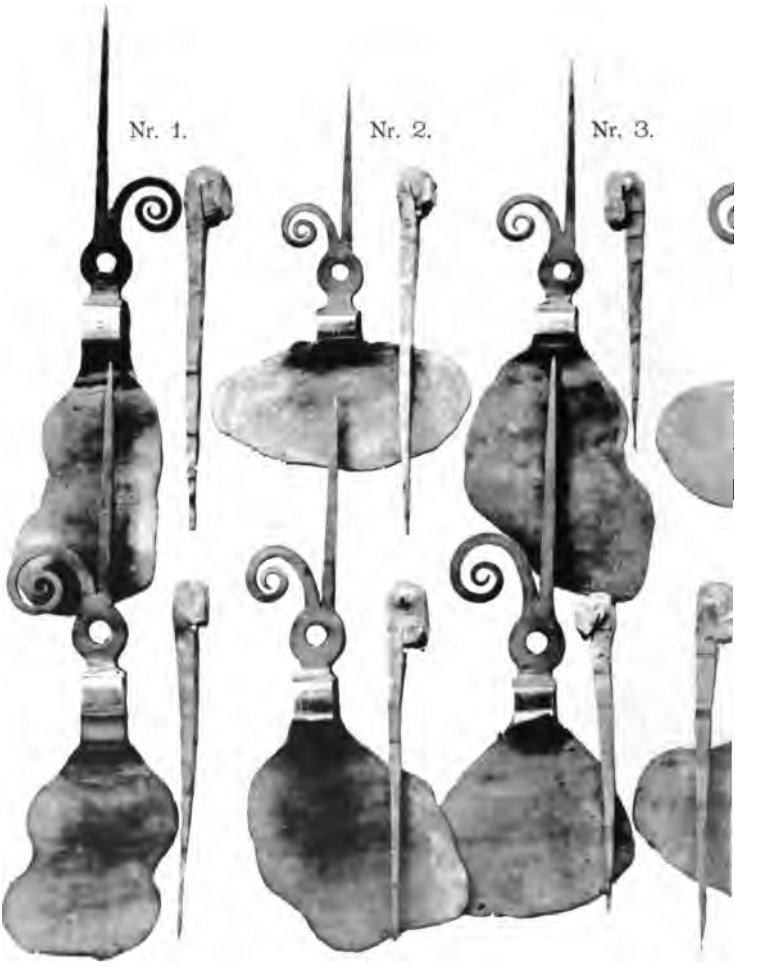
„POLYGRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH


REESE LIBRARY
OF THE

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
IA

Darstellung der Warmschm

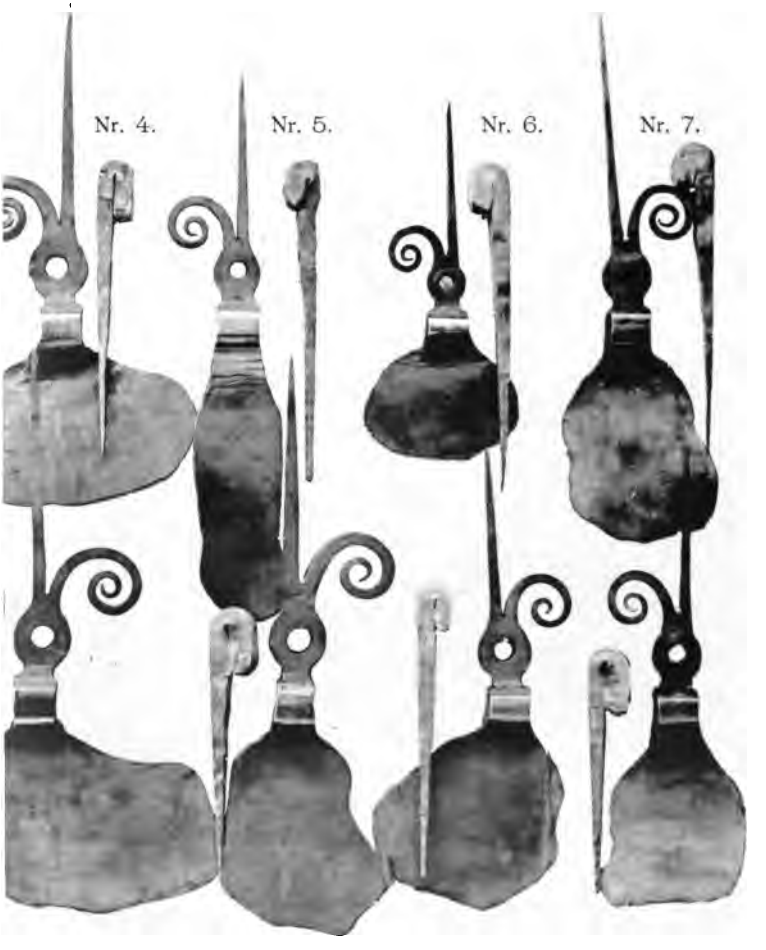
Taf. II. 1. Serie: **Gegossene**



PHOTOTYPIE: „POLYGRAPH

iede- und Ausbreite-Proben.

ıluminium-Bronzen. Taf. II.



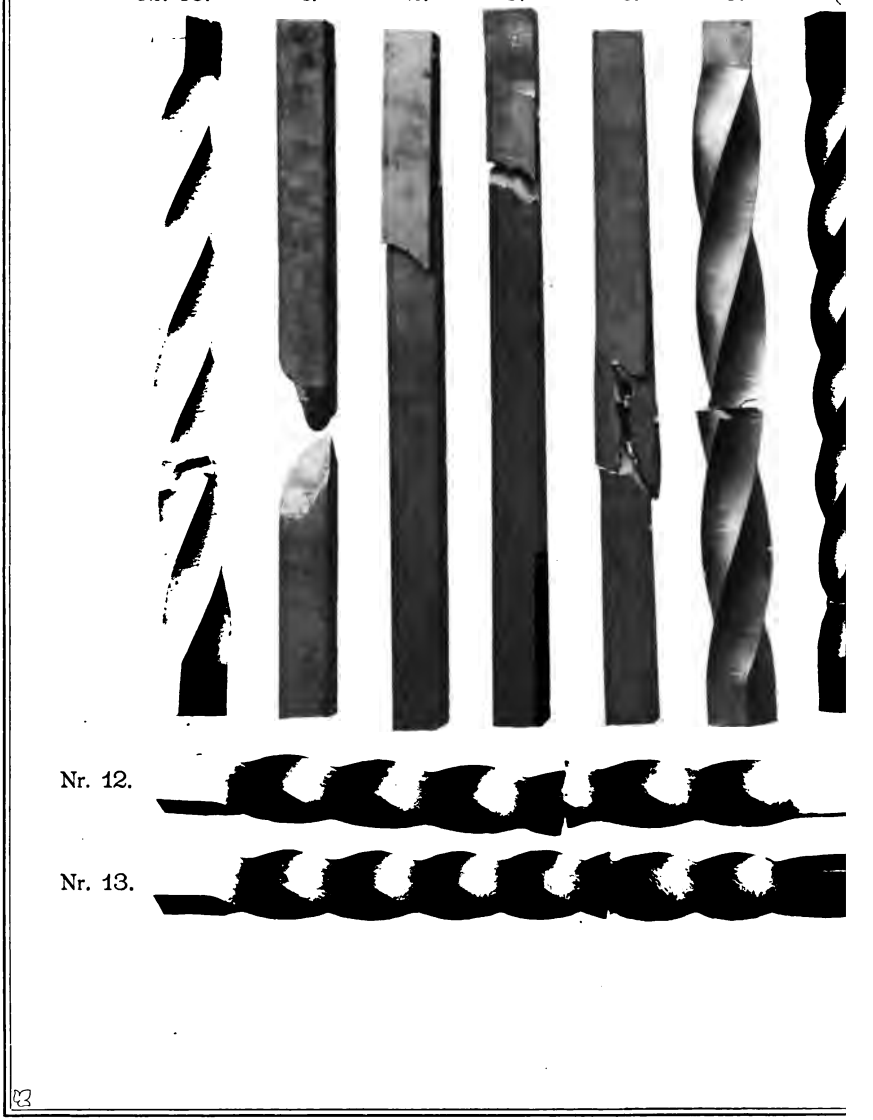
Nr. 11. Nr. 12. Nr. 13. Nr. 14.

SCHES INSTITUT" ZÜRICH

REESE LIBRARY
OF THE

Taf. III

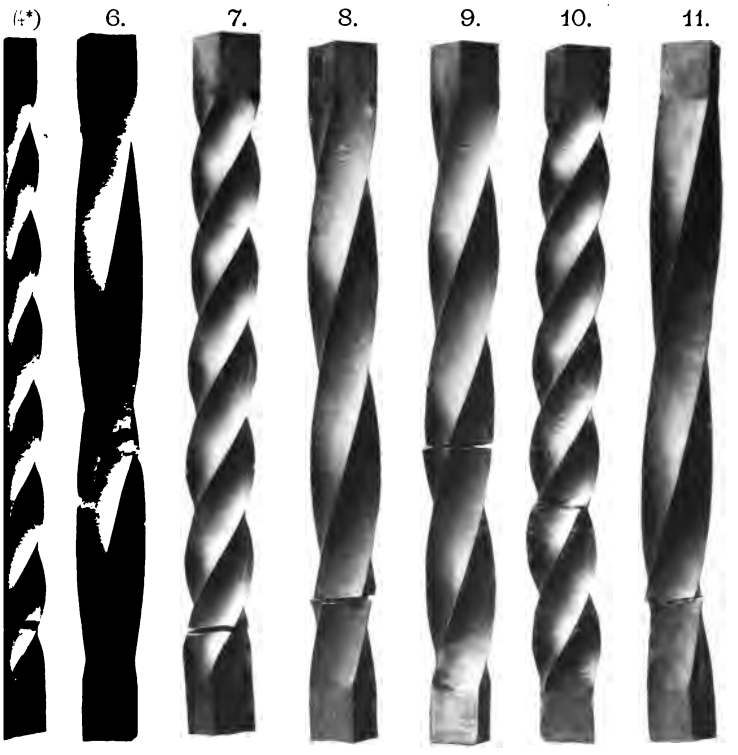
1. Serie: **Gegossene**



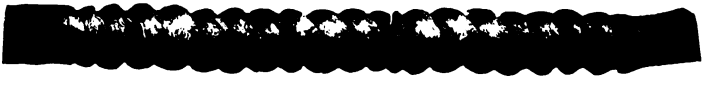
PHOTOTYPIE: „POLYGRA

ger Torsions-Proben.

ıe **Aluminium-Bronzen.** Taf. III.



Nr. 14.



Nr. 15.

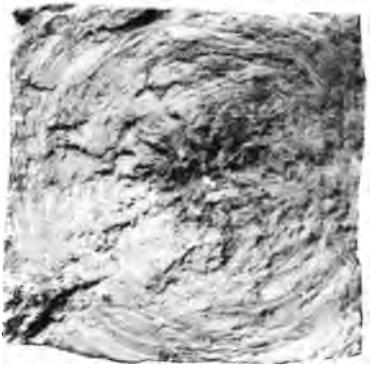
HISCHES INSTITUT" ZÜRICH

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

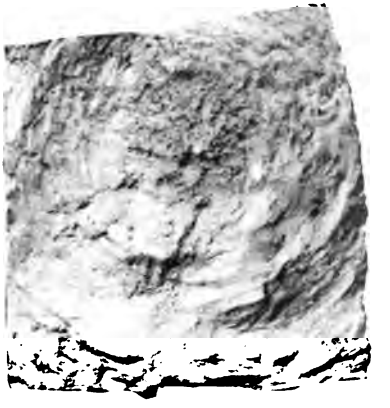
MEESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

Darstellung der Bruchfläcl

Taf. IV. 1. Serie: **Gegossene**



Nr. 12.



Nr. 13

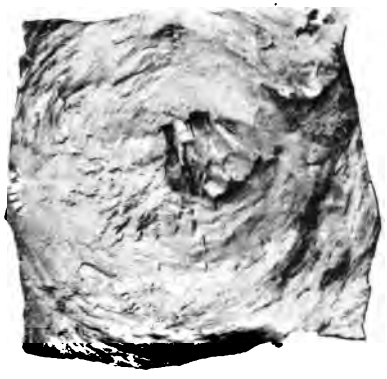
Nr. 8.

Nr. 9.

PHOTOTYPIE „POLYGRAPH

ächen einiger Torsions-Proben.

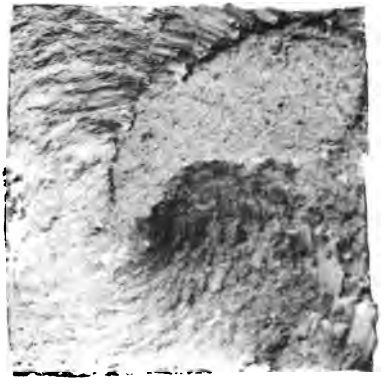
ene **Aluminium-Bronzen.** Taf. IV.



Nr. 14.

Nr. 15.

Nr. 10.



Nr. 11.

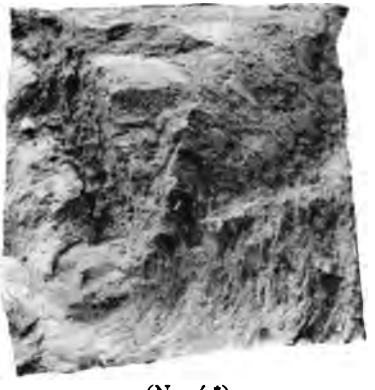
GRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

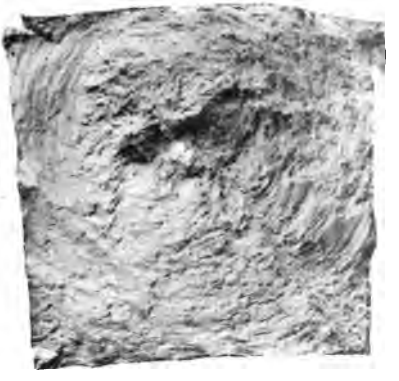
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

Darstellung der Bruchfläch

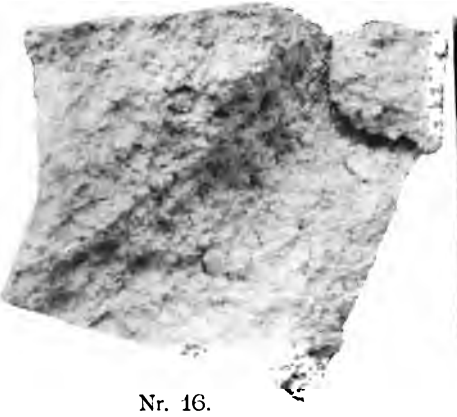
Taf. V. 1. Serie: **Gegossene**



(Nr. 4*)



Nr. 5.



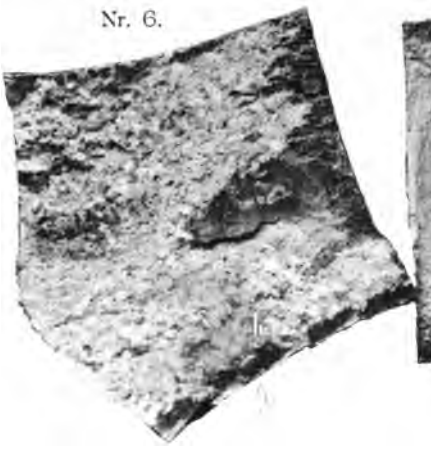
Nr. 16.

Nr. 1.

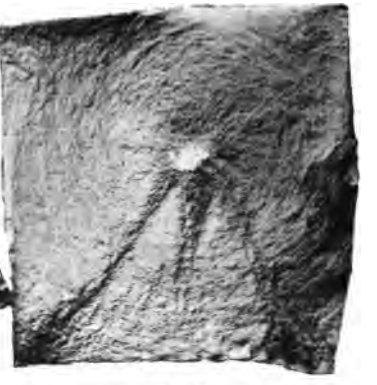
PHOTOTYPIE „POLYGRAPH

ichen einiger Torsions-Proben.

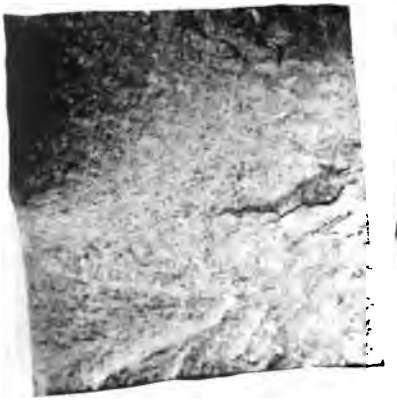
ne **Aluminium-Bronzen.** Taf. V.



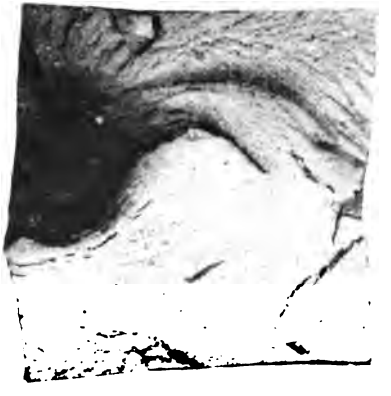
Nr. 6.



Nr. 7.



Nr. 2.



Nr. 3.

GRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

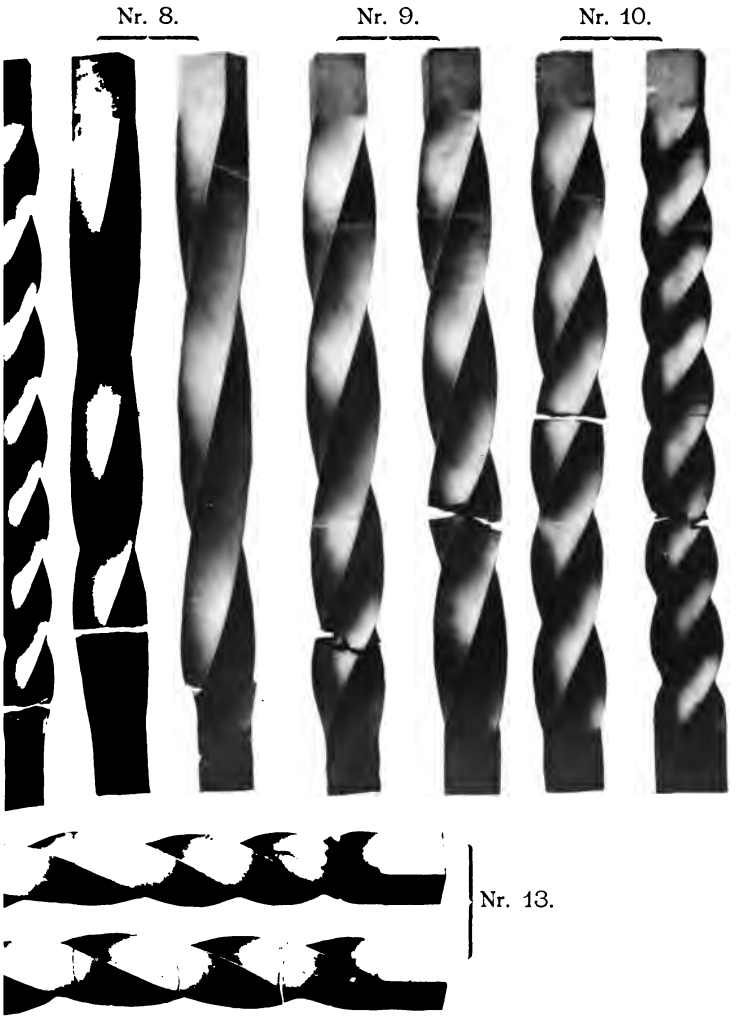
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

Darstellung einiger

Taf. VI. 2. Serie: **Gewalzte Al**

PHOTOTYPIE „POLYGRAPI

lzte Aluminium-Bronzen. Taf VI.

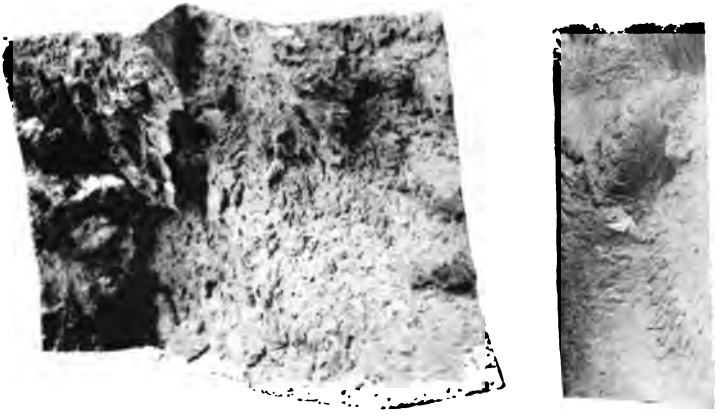


...POLYGRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH

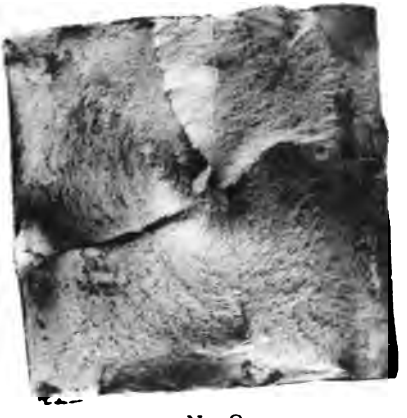
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Taf VII. 2. Serie: **Gewalzt**



Nr. 1.



Nr. 8.

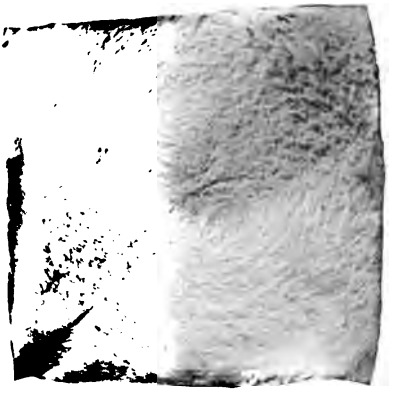
Nr. 9.

PHOTOTYPIE: „POLYE

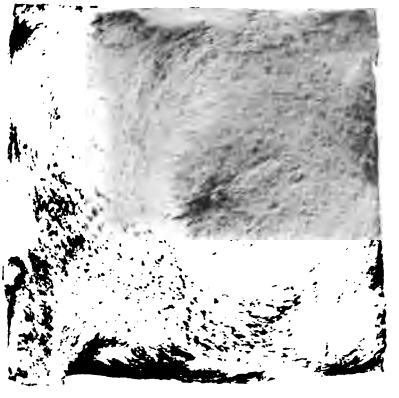
hflächen einiger Torsions-Proben.

walzte **Aluminium-Bronzen.** Taf. VII.

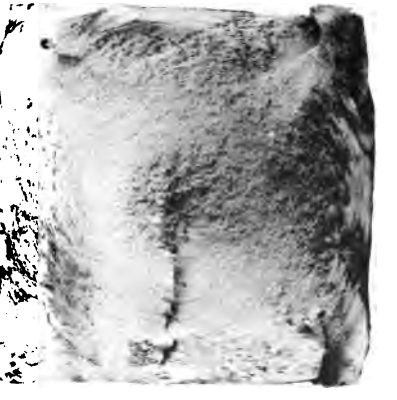
Nr. 4.



Nr. 7.



Nr. 10.



Nr. 13.

„POLYGRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH

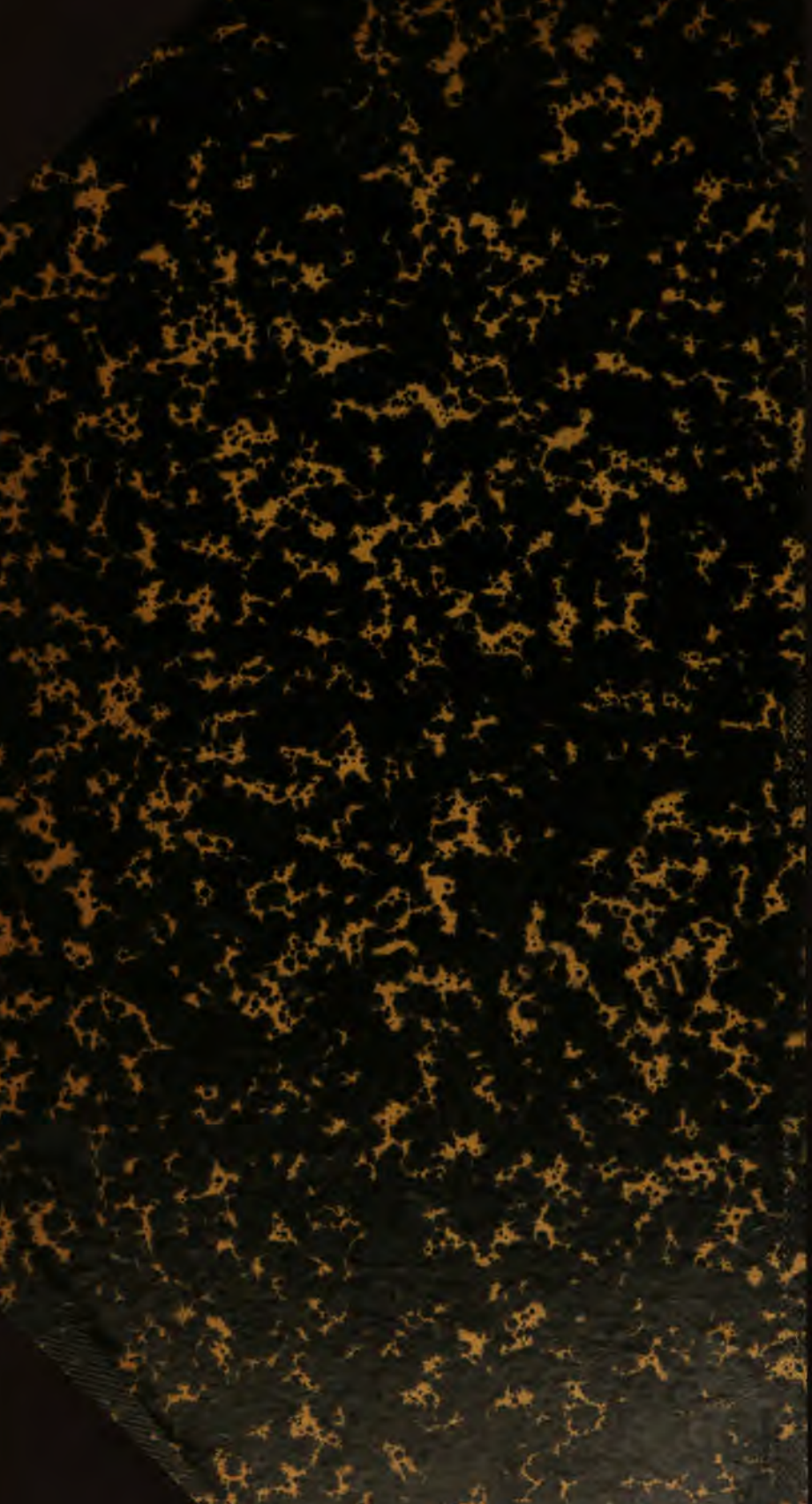
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

Darstellung einiger Zerreissproben

aus Rein-Aluminium.

Taf. VIII.

PHOTOTYPIE · „POLYGRAPHISCHES INSTITUT" ZÜRICH

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY

YC 18772